

---

# **Modulhandbuch**

---

für den

***Bachelor-Studiengang Elektrotechnik v6  
(6 Semester)***

und den

***Master-Studiengang Elektrotechnik v4  
(4 Semester)***

an dem

***Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik der  
Universität Paderborn***

Teil I

**Lehre im Wintersemester 2017/18**  
(Stand: 01.09.2017)

Teil II

**Lehre im Sommersemester 2017**  
(Stand: 01.09.2017)



# Modulhandbuch Teil „WiSe“

---

**Bachelor-Master-Studienprogramm Elektrotechnik**  
*Bachelor Version v6 (2017) & Master Version v4 (2017)*  
**(Bachelor: 6 Semester, Master: 4 Semester)**

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

Paderborn, 22. September 2017

## Inhaltsverzeichnis

<b>Modulhandbuch Teil „WiSe“</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 Katalogbeschreibungen</b> .....	<b>4</b>
<b>Schema der Lehrveranstaltungsbeschreibungen</b> .....	<b>5</b>
<b>Ermittlung des Arbeitsaufwandes</b> .....	<b>6</b>
<b>Pfungsmodalitäten</b> .....	<b>7</b>
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten</b> .....	<b>8</b>
<b>Vermittlung von Schlüsselqualifikationen</b> .....	<b>8</b>
<b>Anwendungsbezug im Elektrotechnik-Studium</b> .....	<b>8</b>
<b>Ziele-Matrix</b> .....	<b>10</b>
<b>Bachelor-Studiengang Elektrotechnik</b> .....	<b>10</b>
<b>Master-Studiengang Elektrotechnik</b> .....	<b>12</b>
<b>I. Module im 1. Studienabschnitt des Bachelorstudiengangs</b> .....	<b>14</b>
<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>14</b>
<b>Modultabelle</b> .....	<b>14</b>
<b>I.1 Gebiet Mathematische Grundlagen</b> .....	<b>16</b>
<b>I.1.1 Höhere Mathematik I</b> .....	<b>16</b>
Höhere Mathematik I .....	16
<b>I.1.2 Höhere Mathematik II</b> .....	<b>19</b>
Höhere Mathematik II .....	19
<b>I.2 Gebiet Elektrotechnische Grundlagen</b> .....	<b>22</b>
<b>I.2.1 Grundlagen der Elektrotechnik A</b> .....	<b>22</b>
Grundlagen der Elektrotechnik A.....	22
<b>I.2.2 Energietechnik</b> .....	<b>25</b>
Energietechnik.....	26
<b>I.2.3 Elektromagnetische Wellen</b> .....	<b>28</b>
Elektromagnetische Wellen .....	28

<b>I.3 Gebiet Technisch-physikalische Grundlagen .....</b>	<b>31</b>
<b>I.3.1 Experimentalphysik.....</b>	<b>31</b>
Experimentalphysik für Elektrotechniker .....	31
<b>I.3.2 Halbleiterbauelemente .....</b>	<b>34</b>
Halbleiterbauelemente.....	34
<b>I.4 Gebiet Grundlagen der Informations- und Systemtechnik.....</b>	<b>38</b>
<b>I.4.1 Datenverarbeitung .....</b>	<b>38</b>
Datenverarbeitung .....	38
<b>I.4.2 Technische Informatik .....</b>	<b>41</b>
Technische Informatik.....	42
<b>I.5 Praktikum .....</b>	<b>47</b>
<b>I.5.1 Laborpraktikum .....</b>	<b>47</b>
Laborpraktikum .....	47
<b><i>II. Module im 2. Studienabschnitt des Bachelorstudiengangs.....</i></b>	<b><i>51</i></b>
<b>II.1 Gebiet Vertiefungen .....</b>	<b>51</b>
<b>II.1.1 Nachrichtentechnik .....</b>	<b>51</b>
Nachrichtentechnik .....	52
<b>II.1.2 Katalog der Wahlpflichtmodule Informationstechnik.....</b>	<b>54</b>
Optische Informationsübertragung .....	55
Introduction to Algorithms .....	58
<b>II.1.3 Schaltungstechnik.....</b>	<b>60</b>
Schaltungstechnik .....	60
<b>II.1.4 Katalog der Wahlpflichtmodule Mikrosystemtechnik.....</b>	<b>62</b>
Einführung in die Hochfrequenztechnik .....	63
Grundlagen des VLSI-Entwurfs .....	66
<b>II.1.5 Regelungstechnik.....</b>	<b>68</b>
Regelungstechnik .....	68
<b>II.1.6 Katalog der Wahlpflichtmodule Automatisierungstechnik .....</b>	<b>71</b>
Elektrische Antriebstechnik.....	72
Messtechnische Signalanalyse mit MATLAB und Python .....	74
Modellprädiktive Regelung und konvexe Optimierung .....	75
<b>II.2 Bachelorarbeit .....</b>	<b>79</b>
Bachelorarbeit .....	81
<b>II.3 Gebiete Fachdidaktik und Bildungswissenschaft / Berufspädagogik .....</b>	<b>83</b>
<b>Vorbemerkungen .....</b>	<b>83</b>
<b>Modultabelle.....</b>	<b>83</b>
<b>II.3.1 Bildungswissenschaften/Berufspädagogik .....</b>	<b>83</b>
Kompetenzentwicklung.....	83
Berufspädagogik.....	86
<b>II.3.2 Fachdidaktik.....</b>	<b>89</b>
Grundmodul Technikdidaktik .....	89
<b>II.4 Gebiete Optoelektronik und Photonik.....</b>	<b>91</b>
<b>Vorbemerkungen .....</b>	<b>91</b>
<b>Modultabelle.....</b>	<b>91</b>
<b>II.4.1 Moderne Optik .....</b>	<b>91</b>
Moderne Optik .....	91
<b>II.4.2 Quantenmechanik.....</b>	<b>93</b>
Quantenmechanik .....	93
<b><i>III. Module im Masterstudiengang.....</i></b>	<b><i>96</i></b>
<b>Vorbemerkungen .....</b>	<b>96</b>
<b>Modultabelle.....</b>	<b>96</b>

<b>III.1 Gebiet Theoretische Elektrotechnik .....</b>	<b>97</b>
<b>III.1.1 Theoretische Elektrotechnik .....</b>	<b>97</b>
Theoretische Elektrotechnik .....	97
<b>III.2 Gebiet Statistische Signale .....</b>	<b>100</b>
<b>III.2.1 Statistische Signale.....</b>	<b>100</b>
Verarbeitung statistischer Signale .....	100
<b>III.3 Kataloge der Wahlpflichtmodule .....</b>	<b>104</b>
<b>III.3.1 Energie und Umwelt.....</b>	<b>104</b>
Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeug .....	105
Intelligent Control of Electrical Grids .....	107
Elektronische Stromversorgungen.....	108
Mensch-Haus-Umwelt .....	111
Umweltmesstechnik.....	113
Energy Transition.....	115
<b>III.3.2 Kognitive Systeme.....</b>	<b>118</b>
Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen.....	118
Digital Image Processing I.....	122
Kognitive Sensorsysteme .....	124
Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel.....	126
Advanced Topics in Robotics .....	130
Fahrerassistenzsysteme .....	132
<b>III.3.3 Kommunikationstechnik.....</b>	<b>135</b>
Elektromagnetische Feldsimulation .....	136
Hochfrequenztechnik.....	138
Optimale und adaptive Filter.....	140
Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik.....	143
Feldberechnung mit der Randlementmethode .....	145
<b>III.3.4 Mikroelektronik.....</b>	<b>148</b>
Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation.....	149
Test hochintegrierter Schaltungen.....	152
Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip.....	155
Technologie hochintegrierter Schaltungen .....	156
Hochfrequenzleistungsverstärker .....	159
Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen.....	161
<b>III.3.5 Optoelektronik .....</b>	<b>165</b>
Optische Nachrichtentechnik A .....	166
Optische Nachrichtentechnik C .....	168
Hochfrequenzelektronik.....	170
Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A .....	173
<b>III.3.6 Prozessdynamik.....</b>	<b>176</b>
Höhere Regelungstechnik .....	177
Geregelte Drehstromantriebe .....	179
Technische Akustik.....	182
Advanced System Theory .....	183
Dynamic Programming and Stochastic Control.....	185
<b>III.4 Projektarbeit.....</b>	<b>189</b>
Halbjahresprojekt.....	189
Jahresprojekt .....	192
<b>III.5 Masterarbeit .....</b>	<b>194</b>
Masterarbeit.....	194

## Abkürzungsverzeichnis

LP:	Leistungspunkte	CP	Credit Point
SWS	Semesterwochenstunden	SWS	Semester load (weekly hours)
2V	Vorlesung mit 2 SWS	2L	Lecture ( <i>Vorlesung</i> ) with 2 SWS
2Ü	Übung mit 2 SWS	2Ex	Exercise ( <i>Übung</i> ) with 2 SWS
WS	Wintersemester	WS	Winter semester
SS	Sommersemester	SS	Summer semester
2P	Projekt mit 2 SWS	2P	Project with 2 SWS
2S	Seminar mit 2 SWS	2S	Seminar with 2 SWS
P	Pflicht	C	Compulsory
WP	Wahlpflicht	CE	Compulsory elective

## Vorbemerkungen

Die Katalog- und Modulbeschreibungen in diesem Modulhandbuch sollen

- Ziele, Inhalte und Zusammenhänge des Studienganges auf der Ebene von Modulen und Module / 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 Katalogbeschreibungen

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	
Module / Modules	Angaben zu den Modulen des Katalogs finden sich in den Modulbeschreibungen
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	
Leistungspunkte / Credits ECTS	Gesamtarbeitsaufwand des Kataloges in Leistungspunkten pro zu wählendem Modul. Details dazu gibt es weiter unten unter der Überschrift <b>Ermittlung des Arbeitsaufwandes.</b>
Lernziele / Learning objectives	Angaben zu den Lernergebnissen, die von den Studierenden im Katalog erreicht werden sollen.

## Schema der Lehrveranstaltungsbeschreibungen

<b>Modulname / Module name</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.xxx.xxx	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte/ Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Lan- guage</b>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
Kursnummer Kursname: Lehrform mit SWS (Konktaktzeit (h) / Selbststudium (h) / Status / Gruppen- größe) <i>Coursenumber Course name: Type with SWS (Time of attendance (h) / Self-study (h) / Status / Group size)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls/ Options within the module</b>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>			
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievment</b>			
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in exami- nations</b>			
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>			
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>			

<b>11 Verwendung anderen Studiengängen / Reuse in degree Modules</b>			
Angabe, in welchen weiteren Studiengängen die Module, bzw. die in den Modulen verwendeten Lehrveranstaltungen weiter verwendet werden.			
<b>Abkürzungen Bachelor-Studiengänge</b>		<b>Abkürzungen Master-Studiengänge</b>	
EBA	Elektrotechnik	EMA	Elektrotechnik
CEBA	Computer Engineering	CEMA	Computer Engineering
WGBAET	Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik	WGMAET	Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik
BA LABKET	Lehramt an Berufskolleg Elektro- technik	MA LABKET	Lehramt an Berufskolleg Elektro- technik
		ESEMA	Electrical Systems Engineering
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>			
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>			
<b>Modulseite / Module Homepage</b>			
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>			
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>			
<b>Bemerkungen / Comments</b>			

## Ermittlung des Arbeitsaufwandes

Das Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik hat jedem Modul des Bachelor-Master-Programms unter Abschätzung des Aufwandes, den Studierende für einen erfolgreichen Abschluss erbringen müssen, Leistungspunkte 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 Module / 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 Module / 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 Leistungspunkte 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

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 Leistungspunkte (LP) angegeben. Der Arbeitsaufwand (workload) WL, die Präsenzzeit PZ und die Selbststudiumszeit SZ in Stunden sind damit über folgende Beziehungen verknüpft:

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

## Püfungsmodalitäten

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 Klausur 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.
- Eine qualifizierte Teilnahme liegt vor, wenn die erbrachten Leistungen erkennen lassen, dass eine mehr als nur oberflächliche Beschäftigung mit den Gegenständen, die einer Aufgabenstellung zugrunde lagen, stattgefunden hat. Der Nachweis der qualifizierten Teilnahme kann in einem Modul verlangt werden, wenn dies zur Sicherung des Kompetenzerwerbs im Modul erforderlich ist. Der Nachweis der qualifizierten Teilnahme in einem Modul kann Voraussetzung für die Vergabe der Leistungspunkte sein. Der Nachweis der qualifizierten Teilnahme erfolgt insbesondere durch eine oder mehrere Kurzklausuren, ein Fachgespräch, die Anfertigung eines Protokolls oder eine Präsentation.
- Die Prüfungsformen und -modalitäten 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. Die Bekanntgabe erfolgt in der Regel im Campus Management System oder durch Aushang.

## **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 Bachelorstudiums im Wesentlichen durch das Absolvieren des Laborpraktikums, der Ableistung des Programmier-Projekts und des Projektseminars, die Anfertigung der Bachelorarbeit und den Vortrag über die Bachelorarbeit. 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 Masterstudiums erfolgt die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen im Wesentlichen durch die Anfertigung von zwei Projekt-Arbeiten bzw. einer Jahresprojektarbeit und der Masterarbeit, 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 Module /, in denen sowohl im Bachelor- als auch im Masterstudiengang 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 Bachelorstudiums – 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 Bachelorstudium 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 Bachelorstudiums, 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 Bachelorstudium ist ein breit gefächelter Anwendungsbezug, der sich einer starren Festlegung seiner Verteilung und Ausprägung im Modulhandbuch entzieht.

Im Masterstudiengang ist der Anwendungsbezug deutlicher als im Bachelorstudium ausgeprägt durch die zusätzliche Abwicklung von Projektarbeiten, die immerhin einen Anteil von 15% des Gesamtstudienumfangs ausmachen.

# Ziele-Matrix

## Bachelor-Studiengang Elektrotechnik

Übergeordnete Kompetenzziele	Befähigungsziele im Sinne von Lernergebnissen	Entsprechende Module
Mathematisch-naturwissenschaftliche Qualifikation	Die Absolventen und Absolventinnen beherrschen die Grundlagen der Mathematik, die für die Behandlung elektrotechnischer Fragestellungen benötigt werden und haben gelernt, elementare technisch-mathematische Aufgabenstellungen zu analysieren und methodisch zu lösen.	Pflichtmodule Höhere Mathematik I, Höhere Mathematik II Stochastik für Ingenieure
	Sie beherrschen die Grundkenntnisse in experimenteller Physik und technischer Mechanik und können Sachverhalte physikalisch analysieren, sowie einfache physikalische und mechanische Problemstellungen lösen.	Pflichtmodule Physik, Technische Mechanik
Fachwissenschaftliche Qualifikation	Sie beherrschen die Grundlagen der Elektrotechnik und Elektrodynamik und haben gelernt, grundlegende elektrotechnische Fragestellungen und Feldprobleme methodisch zu analysieren und zu berechnen.	Pflichtmodule Grundlagen der Elektrotechnik I, Grundlagen der Elektrotechnik II, Feldtheorie, Elektromagnetische Wellen
	Sie verstehen den Aufbau, die Herstellung, die Funktionsweise und die Modellierung passiver und aktiver elektronischer Bauelemente. Sie haben gelernt, grundlegende elektronische Bauelemente und Schaltungen zu analysieren, zu modellieren und zu entwerfen.	Pflichtmodule Werkstoffe, Halbleiterbauelemente, Schaltungstechnik
	Sie kennen die soft- und hardwaretechnischen Grundlagen digitaler Rechnersysteme. Sie können digitale Rechnersysteme beschreiben, analysieren und können einfache Systeme auf Basis einschlägiger Methoden entwerfen.	Pflichtmodul Technische Informatik
	Sie kennen die formalen Methoden zur Modellierung und Analyse zeitkontinuierlicher und zeitdiskreter Signale, sowie dynamischer, linearer, zeitkontinuierlicher Systeme.	Pflichtmodule Signaltheorie und Systemtheorie

	Sie sind in der Lage diese Methoden im Hinblick auf Modellierung und Entwurf derartiger Signale und Systeme anzuwenden.	
	Sie kennen prozedurale und objektorientierte Programmiersprachen und verstehen deren grundlegenden Konzepte. Sie können einfache Softwaresysteme verstehen, beschreiben und implementieren.	Pflichtmodul Datenverarbeitung
Berufsqualifikation	Sie haben - entsprechend den persönlichen Neigungen und Fähigkeiten - vertieftes Wissen in einem der Anwendungsgebiete Automatisierungstechnik, Informationstechnik oder Mikrosystemtechnik erworben. Sie sind zur Modellierung, Analyse und zum methodischen Entwurf von Systemen entsprechend der gewählten Vertiefungsrichtung befähigt.	Wahlpflichtmodule
	Sie können erarbeitetes Fachwissen praktisch umsetzen und sind auf den Eintritt in das betriebliche oder wissenschaftliche Arbeitsumfeld vorbereitet.	Pflichtmodul Laborpraktikum
Persönlichkeitsbezogene Schlüsselqualifikationen	Sie können kleine Projekte organisieren und durchführen.	Pflichtmodul Laborpraktikum mit Projektseminar Bachelor-Arbeit
	Sie können sich selbständig in zukünftige Entwicklungen des Faches einarbeiten. Sie haben eine wissenschaftlich forschende Grundhaltung erworben, die sie zu lebenslangem Lernen befähigt.	Wahlpflichtmodule Pflichtmodul Laborpraktikum mit Projektseminar Bachelor-Arbeit
	Sie können Fachwissen pflegen und kommunizieren, sowie Ideen und Konzepte klar, logisch und überzeugend in mündlicher und schriftlicher Form zielgruppengerecht darstellen.	Studium Generale Wahlpflichtmodule Pflichtmodul Laborpraktikum mit Projektseminar Bachelor-Arbeit
	Sie verstehen Teamprozesse und können Leistungen im Team erbringen.	Projekt Angewandte Programmierung Pflichtmodul Laborpraktikum
Befähigung zu gesellschaftli-	Sie können problemorientiert, interdisziplinär und ganzheitlich vernetzt denken und handeln.	Studium Generale Wahlpflichtmodule Projektseminar Bachelor-Arbeit

cher Verantwortung und Engagement	Sie können die gesellschaftliche und ethische Bedeutung des Faches einordnen. Sie sind in der Lage, fundierte Urteile abzuleiten, die gesellschaftliche und wissenschaftliche Erkenntnisse – insbesondere im Hinblick auf die Auswirkungen des technologischen Wandels – berücksichtigen.	Studium Generale
-----------------------------------	---	------------------

## Master-Studiengang Elektrotechnik

Übergeordnete Studienziele	Befähigungsziele im Sinne von Lernergebnissen	Entsprechende Module
Fachwissenschaftliche Qualifikation	Die Absolventen und Absolventinnen haben vertieftes elektrotechnisches Wissen über das Niveau des Bachelor-Studiengangs hinaus, insbesondere im Bereich elektromagnetischer Felder und Wellen. Sie sind zur vertieften mathematischen Beschreibung von elektrodynamischen Problemen, sowie zu Analyse und Entwurf von Hochfrequenz-Bauelementen befähigt.	Pflichtmodul Theoretische Elektrotechnik
	Sie haben vertieftes Wissen im Bereich Signalverarbeitung und statistischer Modellierung über das Niveau des Bachelor-Studiengangs hinaus. Sie können physikalische Signale und symbolische Daten mit Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung beschreiben, analysieren und verarbeiten.	Pflichtmodul Verarbeitung statistischer Signale
	Sie haben ihr methodisches Wissen vertieft und um neue inhaltliche Fragestellungen erweitert. Sie sind zur Modellierung, Analyse und zum methodischen Entwurf von Systemen entsprechend der gewählten Vertiefungsrichtungen befähigt.	Wahlpflichtmodule
	Sie können komplexe Aufgabenstellungen auf Basis fachspezifischen Wissens erkennen, formulieren und strukturieren, methodisch analysieren und lösen.	Wahlpflichtmodule Projektmodul Master-Arbeit
	Sie können interdisziplinäres Wissen mit Verfahren und Werkzeugen der Ingenieurwissenschaft problembezogen anwenden und weiterentwickeln. Sie können technologische Anforderungen analysieren und wissenschaftliche Methoden weiterentwickeln.	Wahlpflichtmodule Projektmodul Master-Arbeit
	Sie haben - entsprechend den persönlichen Neigungen und Fähigkeiten - vertieftes Wis-	Wahlpflichtmodule

Berufs- qualifikation	sen in spezifischen elektrotechnischen Teilgebieten erworben. Sie sind zur Modellierung, Analyse und zum methodischen Entwurf von Systemen entsprechend der gewählten Gebiete befähigt.	
	Sie haben erweiterte Kenntnisse im Schnittstellenbereich zwischen Elektrotechnik und angrenzenden Wissenschaften erworben, Sie können Problemstellungen im interdisziplinären Umfeld erkennen, formulieren und beschreiben..	Studium Generale Projektmodul
	Sie können erarbeitetes Fachwissen nach dem Stand der Technik auf eine konkrete Aufgabenstellung anwenden und sind auf den Eintritt in das betriebliche oder wissenschaftliche Arbeitsumfeld vorbereitet.	Projektmodul Master-Arbeit
Persönlich- keitsbezogene Schlüsselquali- fikationen	Sie können kleine Projekte organisieren und durchführen.	Projektmodul Master-Arbeit
	Sie können sich selbständig in zukünftige Entwicklungen des Faches einarbeiten. Sie haben eine wissenschaftlich forschende Grundhaltung erworben, die sie zu lebenslangem Lernen befähigt.	Wahlpflichtmodule Projektmodul Master-Arbeit
	Sie können Fachwissen pflegen und kommunizieren und Ideen und Konzepte klar, logisch und überzeugend in mündlicher und schriftlicher Form zielgruppengerecht darstellen.	Wahlpflichtmodule Projektmodul Master-Arbeit
	Sie verstehen Teamprozesse und können Leistungen im Team erbringen.	Projektmodul
Befähigung zu gesellschaftlicher Verantwortung und Engagement	Sie können problemorientiert, interdisziplinär und ganzheitlich vernetzt denken und handeln	Studium Generale Projektmodul Master-Arbeit
	Sie können die gesellschaftliche und ethische Bedeutung des Faches einordnen. Sie können fundierte Urteile ableiten, die gesellschaftliche und wissenschaftliche Erkenntnisse – insbesondere im Hinblick auf die Auswirkungen des technologischen Wandels – berücksichtigen.	Studium Generale Projektmodul Master-Arbeit

# I. Module im 1. Studienabschnitt des Bachelorstudiengangs

## Vorbemerkungen

Der Bachelorstudiengang Elektrotechnik mit einem Gesamtumfang von 180 Leistungspunkten (gemäß ECTS) ist aus zwei Abschnitten aufgebaut. Im ersten Studienabschnitt (4 Semester) werden die technikwissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik vermittelt. Im zweiten Studienabschnitt (2 Semester) sind Kenntnisse und Fähigkeiten in den drei fachspezifischen Katalogen

- Informationstechnik
- Mikrosystemtechnik
- Automatisierungstechnik

zu erwerben, wobei die Studierenden in jeder Disziplin Freiraum erhalten, um aus einem vorgegebenen Katalog von Wahlpflichtmodulen nach eigenen fachlichen Interessen zu wählen. Im ersten Abschnitt des Bachelorstudienganges müssen die Studierenden 18 Pflichtmodule mit den in der folgenden Tabelle angegebenen Leistungspunkten absolvieren (die ersten 18 Module).

Im zweiten Abschnitt sind 3 fachwissenschaftliche Pflichtmodule verankert. Und aus jedem der 3 fachspezifischen Kataloge ist jeweils ein Wahlpflichtmodul zu absolvieren; darüber hinaus ist noch ein einziges Wahlpflichtmodul aus einem der 3 Kataloge zu 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 Bachelorarbeit im Umfang von 12 Leistungspunkten.

Damit ergibt sich das gesamte Bachelorstudium ein Umfang von 180 Leistungspunkten.

## Modultabelle

Gebiet	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	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 für Ingenieure	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	5
	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	5
	Halbleiterbauelemente	Halbleiterbauelemente	5
Grundlagen der Informations- und Systemtechnik	Datenverarbeitung	Grundlagen der Programmierung für Ingenieure	8
		Projekt Angewandte Programmierung	
	Technische Informatik	Digitaltechnik	8



		Rechnerarchitektur	
	Signaltheorie	Signaltheorie	5
	Systemtheorie	Systemtheorie	5
Praktikum	Laborpraktikum	Laborpraktikum A, B, C	8
		Projektseminar	
Vertiefungen	Nachrichtentechnik	Nachrichtentechnik	5
	Schaltungstechnik	Schaltungstechnik	5
	Regelungstechnik	Regelungstechnik	5
	1 Wahlpflichtmodul aus dem Katalog Informationstechnik	je nach gewähltem Modul	6
	1 Wahlpflichtmodul aus dem Katalog Mikrosystemtechnik	je nach gewähltem Modul	6
	1 Wahlpflichtmodul aus dem Katalog Automatisierungstechnik	je nach gewähltem Modul	6
	1 Wahlpflichtmodul aus dem Katalog Informationstechnik oder aus dem Katalog Mikrosystemtechnik oder aus dem Katalog Automatisierungstechnik	je nach gewähltem Modul	6
	Studium Generale	nach Wahl der Studierenden in nicht-elektrotechnischen Gebieten	6
		Bachelorarbeit	12
<b>Gesamt</b>			<b>180</b>

# I.1 Gebiet Mathematische Grundlagen

## I.1.1 Höhere Mathematik I

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Höhere Mathematik I Advanced Mathematics I</b>
Module / Modules	Höhere Mathematik I / Advanced Mathematics II
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Peter Schreier, Ph.D.
Leistungspunkte / Credits ECTS	16
Lernziele / Learning objectives	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.

### Höhere Mathematik I

<b>Höhere Mathematik I Advanced Mathematics I</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.105.9501	<b>Workload (h)</b> 480	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 16	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-2	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 2	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.105.95100 Höhere Mathematik A für Elektrotechniker: 4V + 2Ü (90 h / 150h / P / 250) 2.) L.105.95200 Höhere Mathematik B für Elektrotechniker: 4 V+2 Ü (90 h / 150 h / P / 250) 1.) L.105.95100 Advanced Mathematics A for Electrical Engineers: 4 L+2 Ex (90 h / 150 h / C / 250) 2.) L.105.95200 Advanced Mathematics B for Electrical Engineers: 4 L+2 Ex (90h / 150 h / C / 250)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
1.) Die Vorlesung bietet eine erste Einführung in die Grundlagen der Mathematik, die während des Studiums der Elektrotechnik benötigt werden. Insbesondere werden Grundbegriffe und Grundtechniken der Analysis behandelt (Differential- und Integralrechnung in einer reellen Variablen).			

2.) 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.

### **Inhalt / Contents**

1.)

- Grundlagen: Mengen und Funktionen (insbesondere Polynomfunktionen, Exponentialfunktion und trigonometrische Funktionen), Vektorrechnung in  $\mathbf{R}^2$  und  $\mathbf{R}^3$ , komplexe Zahlen, vollständige Induktion
- Konvergenz und Stetigkeit: reelle und komplexe Zahlenfolgen, Grenzwerte, Stetigkeit reeller Funktionen, Zwischenwertsatz
- Differentialrechnung in einer reellen Variablen: Differentialquotient, Differenzierbarkeit Ableitungsregeln, Mittelwertsatz, Extremwertprobleme, Taylorpolynome
- Integralrechnung in einer reellen Variablen: Riemann-Integral, Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung, Integrationsmethoden
- Gewöhnliche Differentialgleichungen: Trennung der Variablen, lineare Differentialgleichungen erster Ordnung
- Unendliche Reihen: Konvergenzkriterien, Potenzreihen, Taylorreihen,

2.)

- Lineare Algebra: Vektorräume, Basis und Dimension, Skalarprodukt, lineare Gleichungssysteme und Matrizen, Gauß-Algorithmus, Determinanten, Eigenwerte und Eigenvektoren
- Differentialgleichungen: lineare Differentialgleichungen höherer Ordnung, Systeme linearer Differentialgleichungen
- Differentialrechnung in mehreren Variablen: Konvergenz, Stetigkeit, Differenzierbarkeit, partielle Ableitungen, Kettenregel, Extremwerte mit und ohne Nebenbedingungen

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

1.)

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

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

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

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

Die Studierenden

- haben die 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.

2.)

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

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

<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur / 120-180 min / 100% <i>Written Examination / 120-180 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, CEBA, LABABKET <i>EBA, WGBAET, CEBA, LABABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Dozenten des Instituts für Mathematik / <i>Lectures in Mathematics</i>
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www2.math.uni-paderborn.de/">http://www2.math.uni-paderborn.de/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> 1.) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafelinsatz, teilweise Folien- bzw. Beamer-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen, in denen die theoretischen Konzepte in Kleingruppen vertieft werden</li> <li>• fakultative Zentralübung zur Unterstützung des Selbststudiums</li> </ul> 2.) <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>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> 1.) Hinweise auf Lehrbücher werden in der Vorlesung gegeben. 2.) Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.
<b>Bemerkungen / Comments</b> Materialien und aktuelle Informationen werden für alle in PAUL angemeldeten Teilnehmer auf der Lernplattform koala zur Verfügung gestellt: <a href="http://koala.uni-paderborn.de">http://koala.uni-paderborn.de</a>

## I.1.2 Höhere Mathematik II

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Höhere Mathematik II Advanced Mathematics II</b>
Module / Modules	Höhere Mathematik II / Advanced Mathematics II
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Peter Schreier, Ph.D.
Leistungspunkte / Credits ECTS	8
Lernziele / Learning objectives	Dieses Modul setzt das Modul Höhere Mathematik für Elektrotechniker I fort. Insbesondere für Veranstaltungen, die sich mit theoretischen Aspekten der Elektrotechnik beschäftigen, werden mathematische Kenntnisse benötigt, die über den Stoff des Moduls Höhere Mathematik I hinausgehen. Die Studierenden sollen fortgeschrittene mathematische Techniken für Anwendungen in der Elektrotechnik erlernen.

### Höhere Mathematik II

<b>Höhere Mathematik II Advanced Mathematics II</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.9531	<b>Workload (h)</b> 240	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 8	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.105.95300 Höherer Mathematik C für Elektrotechniker: 4 V+2 Ü (90 h / 150 h / P / 150) L.105.95300 Advanced Mathematics C for Electrical Engineers: 4L + 2Ex (90 h / 150 h / C / 150)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus dem Modul Höhere Mathematik für Elektrotechniker I werden erwartet. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Studierenden sollen fortgeschrittene mathematische Techniken für Anwendungen in der Elektrotechnik erlernen – insbesondere auf dem Gebiet der Funktionentheorie.			

<p><b>Inhalt / Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vektoranalysis: Kurvenintegrale, Vektorfelder und Potentiale, Divergenz, Laplace-Operator und Rotation</li> <li>• Integration in mehreren Variablen: mehrdimensionales Riemann-Integral, Integrale über Normalbereiche, Zylinder- und Kugelkoordinaten</li> <li>• Integralsätze: Oberflächenintegrale, Integralsatz von Gauß, Integralsatz von Stokes</li> <li>• Partielle Differentialgleichungen: Separationsansatz, Wellengleichung, Wärmeleitungsgleichung</li> </ul>
<p><b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b></p>
<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>• die Grundbegriffe der Funktionentheorie zu verstehen und</li> <li>• die Grundtechniken der Funktionentheorie anzuwenden.</li> </ul>
<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b>  Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben die große Bedeutung der mathematisch-methodischen Denkweise (Definition, Satz, Beweis) erkannt,</li> <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>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur / 120-180 min / 100%  <i>Written Examination / 120-180 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EBA, WGBAET, CEBA, LABABKET  <i>EBA, WGBAET, CEBA, LABABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Dozenten des Instituts für Mathematik / Lectures in Mathematics</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b></p>

<http://www2.math.uni-paderborn.de/>

**Methodische Umsetzung / *Implementation***

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

**Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature***

Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

## I.2 Gebiet Elektrotechnische Grundlagen

### I.2.1 Grundlagen der Elektrotechnik A

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Grundlagen der Elektrotechnik A Fundamentals of Electrical Engineering A</b>
Module / Modules	Grundlagen der Elektrotechnik A / Fundamentals of Electrical Engineering A
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	8
Lernziele / Learning objectives	<p>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.</p> <p><i>The students develop a confident handling of 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 and more accustomed to considerations on abstract levels and thus to recognize wider relationships.</i></p>

### Grundlagen der Elektrotechnik A

<b>Grundlagen der Elektrotechnik A Fundamentals of Electrical Engineering A</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10101	<b>Workload (h)</b> 240	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 8	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			



L.048.10101 Grundlagen der Elektrotechnik A: 4V + 2Ü (90 h / 150 h / P / 300)  
L.048.10101 Fundamentals of Electrical Engineering A: 4L + 2Ex (90 h / 150 h / C / 300)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

- Keine Vorkenntnisse auf dem Gebiet Elektrotechnik notwendig
- Beständiges Aufgreifen der in den parallel laufenden Veranstaltungen zur Physik und der Mathematik vermittelten Kenntnisse

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

- *No prior knowledge of electrical engineering required*
- *Continuous picking up of the knowledge acquired in simultaneous physics and mathematics courses*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

Einführung in die Grundlagen der Elektrotechnik als Basis für weiterführende Veranstaltungen  
*Introduction to the fundamentals of electrical engineering to provide a basis for advanced courses*

### Inhalt / Contents

- Einleitung (Ingenieurwissenschaft Elektrotechnik, Maß-System, Basis-Maßeinheiten, Größengleichungen)
- Elektrische Ladungen und Felder (Einführung der physikalischen Größen (el. Ladung, el. Kraft, el. Feldstärke, el. Arbeit, el. Spannung, el. Potential), Feldbegriff)
- Elektrostatik (einfache Felder, Linien-, Flächen- und Raumladungen, Influenz, Dipole, Materie im el. Feld, Kapazität/Kondensator)
- Elektrischer Stromkreis (bewegte Ladungen, Kirchhoffsche Regeln, lineare & nichtlineare Zweipole, Quellen, Verbraucher, Widerstand, Grundschaltungen, Energie, Leistung)
- Theorie der Gleichstromnetzwerke (Ersatzquellen, Überlagerungssatz, Knoten- und Maschenanalyse)
- Magnetostatik (magn. Wirkung des el. Stroms, magn. Feldstärke, magn. Flussdichte, Durchflutungsgesetz, Lorentzkraft, Materie im magn. Feld, Induktivität/Spule)
- Elektrodynamik (Selbstinduktion, Induktionsgesetz, Lenzsche Regel, magn. Kopplung von Stromkreisen, Gegeninduktion, Induktivitäten im Eisenkreis, magn. Energie)
  
- *Introduction (engineering science electrical engineering, system of units, base units, equation between quantities)*
- *Electric charges and fields (introduction of physical quantities (electr. charge, electr. force, electr. field strength, electr. work, electr. voltage, electr. potential), concept of field)*
- *Electrostatics (basic fields, line/surface/spatial charges, electrostatic induction, dipoles, matter in the electr. field, capacity/capacitor)*
- *Electric circuit (moving electric charges, Kirchhoff's Laws, linear & nonlinear two terminal networks, sources, consumer load, resistance/resistor, basic circuits, energy, power)*
- *Theory of DC-networks (equivalent sources, principle of superposition, node and mesh analysis)*
- *Magnetostatics (magn. effect of electr. current, magn. field strength, magn. flux density, magnetic flux law, Lorentz force, matter in the magn. field, inductivity/inductor)*
- *Electrodynamics (self-induction, law of induction, Lenz's Rule, magn. coupling of electric circuits, mutual induction, inductance in the iron circle, magn. energy)*

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachkompetenz / Domain competence:

- Verständnis der Begriffswelt der Elektrotechnik, der grundlegenden elektrotechnischen Phänomene und Zusammenhänge (Begriffe, Größen, Methoden, Materialien, Bauelemente, Komponenten, Systeme, Normen)
  - Kenntnisse der Eigenschaften der wichtigsten elektrotechnischen Bauelemente, Komponenten und Systeme
  - Sicherer Umgang mit den elektrotechnischen Grundgesetzen
  - Anwendung mathematischer Methoden auf Fragestellungen der Elektrotechnik: Matrizenrechnung, komplexe Rechnung, Differenzial-, Integralrechnung, Differenzialgleichungen
  - Strukturierung und Bemessung einfacher elektrotechnischer Komponenten und Systeme nach gegebenen Anforderungen
  - Methoden zur systematischen Analyse von elektrischen Netzwerken
  - Methoden zur Modellierung technischer Systeme
- 
- *Understanding the concepts of electrical engineering, the basic phenomena and interrelationships of electrical engineering (terms, quantities, methods, materials, devices, components, systems, standards)*
  - *Knowledge of the properties of the most important electrical elements, components, and system*
  - *Confident application of the basic laws of electrical engineering*
  - *Application of mathematical methods to electrical problems: matrices, complex computations, calculus, differential equations*
  - *Structuring and dimensioning simple electrical components and systems according to given specifications*
  - *Methods for systematically analyzing electrical networks*
  - *Methods for modelling technical systems*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Übertragung der vermittelten Methoden zur Analyse und Synthese auf verwandte Problemstellungen  
*Transferring the acquired analysis and synthesis methods to related problems*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur / 120-180 min / 100%

*Written Examination / 120-180 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  
*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  
*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET  
*EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Mertsching, Bärbel Prof. Dr.-Ing.

### 13 Sonstige Hinweise / Other notes

#### Modulseite / Module Homepage

<http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/get>

#### Methodische Umsetzung / Implementation

- Inhalte werden im Rahmen einer Vorlesung eingeführt
- Konkretisierung von theoretischen & methodischen Konzepten an praktischen Beispielen (wenn möglich aus der Erfahrungswelt der Studierenden) und durch Analogien zu anderen technischen Disziplinen
- Vertiefung der Inhalte in Präsenzübungen
  
- *Introduction of contents as part of the lecture*
- *Confirmation of theoretical & methodic concepts by using practical examples (if possible from the students' realm of experiences) as well as through analogies involving other technical disciplines*
- *Reinforcement of contents through labs*

#### Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature

Bereitstellung eines Skripts, Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung (Auszug)

*Allocation of a script, information on textbooks stocked in the textbook collection (excerpt*

- Mertsching, Bärbel: Materialien zur Vorlesung Grundlagen der Elektrotechnik A (Skript)
- Albach, Manfred: Grundlagen der Elektrotechnik 1. Pearson Studium, 3. Edition, 2011
- Paul, Steffen; Paul, Reinhold: Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik 1 und 2. Springer, 2014 bzw. 2012
- Pregla, Reinhold: Grundlagen der Elektrotechnik. VDE Verlag GmbH, 9. Edition, 2016

## I.2.2 Energietechnik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Energietechnik <i>Energy Technology</i>
Module / <i>Modules</i>	Energietechnik / <i>Energy Technology</i>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing. habil.
Leistungspunkte / Credits ECTS	5
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	In der Energietechnik geht es neben der technischen Beschreibung auch um die gesamtgesellschaftliche Sicht auf die Prozesse der Energieerzeugung, den Energietransport sowie die Energiespeicherung und -wandlung. Die Studierenden sollen die Aufgaben von elektrischen Energieversorgungssystemen, deren Vielfältigkeit und Komplexität erkennen und beurteilen können.

## Energietechnik

<b>Energietechnik</b> <i>Energy Technology</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10201	<b>Workload (h)</b> 150	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 5	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10201 Elektrische Energietechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 150) L.048.10201 Electrical Energy Technology: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 150)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>In der Lehrveranstaltung Elektrische Energietechnik werden zunächst die physikalischen Grundlagen der Energiewandlung vermittelt (Verbrennung, Carnot-, Otto-, und Dieselprozess). Verstärkt wird dann auf die elektrische Energiewandlung, deren Betriebsmittel, Parameter und Modellierung eingegangen (Drehstrom, Synchronmaschine, Transformator, Zeigerdiagramm, Wirk- und Blindleistung). Die verschiedenen Kraftwerkstypen und ihre Betriebseigenschaften werden erklärt (Kohle, Gas, GuD, Wasserkraft, Windkraft, PV, Geothermie). Anschließend wird die Elektrizitätsübertragung und Speicherung erläutert. Neben der traditionellen, zentralen Energieversorgung wird auf die dezentrale Energieversorgung basierend auf erneuerbaren Energieträgern eingegangen. Neben einer statischen Verbrauchsstruktur werden Anpassungsmöglichkeiten vorgestellt. Praxisbezogene energiewirtschaftliche Betrachtungen runden die Veranstaltung ab.</p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einleitung</li> <li>• Energiebegriffe, Energieerhaltungssatz, 2.HS Thermodynamik</li> <li>• allgemeines Gasgesetz, Zustandsänderungen</li> <li>• Verbrennungsprozess, Wärmekapazität, latente Wärme, Verdampfungswärme</li> <li>• Kreisprozesse (Carnot, Otto, Diesel, Joule)</li> <li>• Thermische Kraftwerke (Kohle, Gas, GuD, Öl, Atom, Solarthermie, Geothermie)</li> <li>• Wasser- und Windkraftnutzung, Photovoltaik, Geothermie</li> <li>• Drehfeldmaschinen und Übertragungssysteme</li> <li>• Behandlung von Drehstromsystemen: Dreiphasensystem, Symmetrische Komponenten</li> <li>• Wichtige Betriebsmittel, Eigenschaften, Modelle: Synchronmaschine, Transformator</li> <li>• Stromübertragung und Speicherung</li> <li>• Energieverbrauchsstruktur, Lastanpassungsoptionen</li> <li>• Energieversorgung und Energiewirtschaft</li> <li>• Zusammenfassung, Prüfungsvorbereitung</li> <li>• Exkursion zu einer Energieforschungseinrichtung oder einem Energieprojekt</li> </ul>			

<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p><b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mit den Grundlagen der elektrischen Energietechnik vertraut zu machen.</li> <li>• elektrische Energieversorgungssysteme sowohl in ihrer Gesamtheit also auch in gewissen Details zu verstehen, zu analysieren, zu beurteilen und im groben Umfang zu planen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b></p> <p>Die Studierenden sind in der Lage die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der Implementierung von Energiesystemen einsetzen und</li> <li>• sind in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p><i>The students are capable to apply their knowledge and skills in an interdisciplinary way. The student are capable to carry out self-motivated and independent learning.</i></p>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / Final modul exam</p> <p>Klausur / 90-150 min / 100%</p> <p>Written Examination / 90-150 min / 100%</p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
<p>Anmeldung via PAUL erforderlich</p> <p>Registration via PAUL</p>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET</p> <p>EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET</p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing. habil.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b></p> <p><a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <p>Vorlesung mit darauf aufbauenden Übungen</p>

*Lecture with exercises*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Siehe Literaturhinweise, Präsentationen befinden sich in PAUL

see literature list, all presentations are available via the PAUL system

- Manuskript zur Vorlesung Elektrische Energietechnik, <http://www.nek.upb.de/lehre/vorlesungen/energietechnik>
- A. Schwab, Elektroenergiesysteme, 3. Auflage, Springer, 2012, ISBN 978-3-643-21957-3
- J. Schlabbach, Elektrische Energieversorgung, 2. Auflage, 2003, ISBN 3-8007-2662-9
- D. Nelles, Ch. Tuttas, Elektrische Energietechnik, 1998, ISBN 3-519-06427-8
- G. Herold, Elektrische Energieversorgung 1, 3. Auflage, 2011, ISBN 978-3-935340-69-4
- K. Heuck, K. Dettmann und D. Schulz, Elektrische Energieversorgung, 8. Auflage, 2010, ISBN 978-3-8348-0736-6
- V. Quaschnig, Regenerative Energiesysteme, 7. Auflage, 2011, ISBN 978-3-446-42732-7
- S. Krauter, Solar Electric Power Generation, 1. Auflage. Springer, 2006, ISBN 978-3-540-31345-8

**Bemerkungen / Comments**

Exkursion zu einer Energieforschungseinrichtung oder einem Energieprojekt

*Excursion to an energy research institute or an energy-related project*

**I.2.3 Elektromagnetische Wellen**

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Elektromagnetische Wellen Electromagnetic Waves</b>
Module / Modules	Elektromagnetische Wellen / Electromagnetic Waves
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	Die Studierenden sollen sie die Vorgänge zeitveränderlichen elektromagnetischen Feldern verstehen und sie in einem sich daraus entwickelnden zentralen Kompetenzbereich in Beziehung zu einfachen dynamische elektrotechnischen Systemen setzen können.

**Elektromagnetische Wellen**

<b>Elektromagnetische Wellen Electromagnetic Waves</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.10303	180	6	Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester /</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>

	<b>Semester number</b> 5	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10303 Elektromagnetische Wellen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 150) L.048.10303 Electromagnetic Waves: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 150)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Aufbauend auf der Lehrveranstaltung Feldtheorie. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
In der Vorlesung Elektromagnetische Wellen erfolgt nach einigen Ergänzungen eine Einführung in die Theorie ebener Wellen. Dazu werden aus dem vollständigen Satz der Maxwell'schen Gleichungen verschiedene Formen der Wellengleichung im Frequenz und Zeitbereich abgeleitet und für einfache Fälle gelöst. Die Rolle der ebenen Welle als Elementarlösung wird bei der Behandlung einfacher Reflexionsfälle deutlich, die zu einer ersten Diskussion des Begriffs der Dispersion führt. Es folgt eine Darstellung von Wellen auf einfachen Leitungen und die Ableitung wichtiger charakteristischer Größen von Wellenleitern.			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Die Vorlesung Elektromagnetische Wellen gliedert sich wie folgt			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Maxwell'schen Gleichungen im Zeit- und Frequenzbereich</li> <li>• Materialmodelle für Metalle und Dielektrika</li> <li>• Mathematische Methoden zur Lösung der Wellengleichung</li> <li>• Die ebene Welle als Elementarlösung der Wellengleichung</li> <li>• Reflexion ebener Wellen an ebenen Grenzflächen</li> <li>• Dispersion und Absorption von Wellen</li> <li>• Die Parallelplattenleitung</li> <li>• Hohlleiter</li> <li>• Abstrahlung elektromagnetischer Wellen</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>			
Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematische Modelle für zeitharmonische elektromagnetische Feldprobleme wiederzugeben und zu erklären (Wissen, Verstehen)</li> <li>• elektrodynamische Feldprobleme zu beschreiben und deren Kerneigenschaften zu erkennen (Verstehen)</li> <li>• Lösungsmethoden auf einfache zeitharmonische Feldprobleme anzuwenden, rechnerisch zu lösen und die Lösungen zu prüfen (Anwenden, Verstehen)</li> </ul>			
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b>			
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>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur / 120-150 min / 100%  <i>Written Examination / 120-150 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EBA, WGBAET, CEBA  <i>EBA, WGBAET, CEBA</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a></p> <p><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.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Vorlesungsfolien, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p>



## I.3 Gebiet Technisch-physikalische Grundlagen

### I.3.1 Experimentalphysik

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Experimentalphysik / Experimental Physics</b>
Module / Modules	Experimentalphysik für Elektrotechniker / <i>Experimental physics for electrical engineers</i>
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	<p>Das Modul „Experimentalphysik“ vermittelt das physikalische Grundwissen zu den Themen Mechanik, Schwingungen und Wellen, Wärmelehre und Atomphysik. Ziel ist es, den Studierenden ein über das schulische Wissen hinausgehendes Verständnis zu den Größen Energie, Impuls, Kraft, Temperatur und Entropie zu erzielen, sodass sie die entsprechenden Werte für einen gegebenen Zustand berechnen können.</p> <p><i>The module “Experimental Physics” gives the basic knowledge in the areas of mechanics, oscillations, waves, thermodynamics and atomic physics. It explains advanced knowledge in the relations of energy, impulse, force, temperature, and entropy. After the course the students are able to calculate these values for a given state.</i></p>

#### Experimentalphysik für Elektrotechniker

<b>Experimentalphysik Experimental Physics</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.128.81101	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.128.81100 Experimentalphysik : 4V + 2Ü (90 h / 90 h / P / 250)			

L.128.81100 Experimental Physics: 4L + 2Ex (90 h / 90 h / C / 250)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Schulkenntnisse in Mathematik und Physik

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*high school knowledge in mathematics and physics*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

Das Modul vermittelt die für das Fach Elektrotechnik und Informationstechnik erforderlichen Grundkenntnisse der experimentellen Physik

### Inhalt / Contents

Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Mechanik fester Körper
- Schwingungen, Wellen, Optik
- Thermodynamik (Wärmelehre)
- Atomphysik

*In detail the following topics are covered:*

- *mechanics of solids*
- *oscillations, waves, optics*
- *thermodynamics*
- *atomic physics*

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

Fachliche Kompetenzen / Professional Competences

Die Studierenden besitzen nach dem Besuch der Lehrveranstaltung Grundkenntnisse in

- Kinematik, Arbeit, Leistung, Energie
- Optik, Atomphysik

und werden befähigt,

- mathematischer Formeln zur Berechnung physikalischer Vorgänge einzusetzen und überlagerter Vorgänge in Einzelkomponenten zu zerlegen.

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 have basic knowledge in*

- *kinematics, work, power, energy, optics, atomic physics,*

*and will be able*

- *to apply mathematical formulas for describing physical and mechanical processes and synthesize complex processes into single components*

*The students*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to apply the practiced strategies for problem solving across varying disciplines,</li> <li>• have experience in presenting their solutions to their fellow students, and</li> <li>• know how to improve their competences by private study.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur / 120-150 min / 100% <i>Written Examination / 120-150 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET <i>EBA, WGBAET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://physik.uni-paderborn.de/ag/ag-as/lehre/">http://physik.uni-paderborn.de/ag/ag-as/lehre/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Tafel, Overheadprojektor und Beamer,</li> <li>• Vorlesungsexperimente</li> <li>• Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern,</li> <li>• Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>live experiments presented during lecture</i></li> <li>• <i>Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides</li> <li>• Thomsen, Gumlich: Ein Jahr für die Physik - Newton, Feynman und andere</li> <li>• Giancoli: Physik</li> <li>• Haliday, Resnik, Walker: Physik</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite / Additional links to books and other material available at the webpage</li> </ul>

### I.3.2 Halbleiterbauelemente

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Halbleiterbauelemente Semiconductor Devices</b>
Module / Modules	Halbleiterbauelemente / Semiconductor Devices
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	5
Lernziele / Learning objectives	<p>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 von der Bauteilgröße erklären und einfache Bauelemente und Grundschaltungen hinsichtlich der Größen Strom und Spannung berechnen.</p> <p><i>The modul 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>

### Halbleiterbauelemente

<b>Halbleiterbauelemente Semiconductor Devices</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10402	<b>Workload (h)</b> 120	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 4	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester /</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>

	<b>Semester number</b> 3		Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10402 Halbleiterbauelemente: 2V + 2Ü (60 h / 90 h / P / 150) <i>L.048.10402 Semiconductor Devices: 2L + 2Ex (60 h / 90 h / C / 150)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
nicht zwingend, aber hilfreich: Werkstoffe der Elektrotechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>not compulsory, but helpful: Werkstoffe der Elektrotechnik</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Lehrveranstaltung „Halbleiterbauelemente“ behandelt die Grundlagen elektronischer Halbleiterbauelemente. Ausgehend vom Leitungsmechanismus in Halbleitern werden auf der Basis von Ladungsträgerdichten die Funktionen von Dioden, Bipolar- und Feldeffekttransistoren erläutert. Aufbauend darauf folgen die Beschreibung von Grundschaltungen und Operationsverstärkerschaltungen sowie logische Gatterfunktionen.  <i>The course “Semiconductor Devices” focuses on the electronic characteristics of semiconductor devices. Starting from the charge carrier densities the principles of diodes, bipolar and field effect transistors will be explained. Additionally simple basic circuitries like operational amplifiers and logic circuits are explained.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitungsmechanismen im Halbleiter</li> <li>• Der pn-Übergang</li> <li>• Bipolartransistoren</li> <li>• Feldeffekttransistoren</li> <li>• analoge Grundschaltungen (Operationsverstärker)</li> <li>• digitale Gatter</li> </ul>			
<i>In detail the following topics are covered:</i>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mechanisms for conductivity of semiconductors</i></li> <li>• <i>The pn junction</i></li> <li>• <i>Bipolar transistors</i></li> <li>• <i>Field effect transistors</i></li> <li>• <i>Analogue circuits (operational amplifier)</i></li> <li>• <i>Digital logic circuits</i></li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
Fachliche Kompetenzen			
Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• die elektrische Leitfähigkeit undotierter und dotierter Halbleiter zu berechnen und das Verhalten eines pn-Überganges zu beschreiben</li> <li>• die grundlegende Funktion eines Bipolartransistors zu beschreiben und die Stromdichten im Transistor zu berechnen</li> <li>• die Funktion eines Feldeffekttransistors zu beschreiben und die Stromdichte im Transistor zu berechnen</li> </ul>			

- Grundsaltungen mit einem Operationsverstärker zu berechnen
- digitale Grundsaltungen zu erstellen

#### 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 describe the electrical conductivity of undoped and doped semiconductors and the principle of a pn junction,
- to explain the operational principle of a bipolar transistor and to calculate the current densities in the device
- to explain the operational principle of a field effect transistor and to calculate the current densities in the device
- to calculate the currents and voltages in operational amplifier circuitries
- to explain digital logic circuits.

#### (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.

### 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur / 90-150 min / 100%

Written Examination / 90-150 min / 100%

### 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement

Keine / None

### 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations

Keine / None

### 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

### 10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

### 11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses

EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET

*EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET*

### 12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator

Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.

### 13 Sonstige Hinweise / Other notes

### Modulseite / Module Homepage

<http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

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

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

- Volesungsfolien
- Skript
- Übungszettel

Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite

- *Handouts of lecture slides*
- *Scriptum*
- *Exercise sheets*

*Additional links to books and other material available at the webpage*

- Reisch: Halbleiterbauelemente
- Thuselt: Physik der Halbleiterbauelemente
- Singh: Semiconductor Devices
- S.M.Sze: Physics of Semiconductor Devices

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

### I.4.1 Datenverarbeitung

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Datenverarbeitung Data Processing</b>
Module / Modules	Datenverarbeitung / Data Processing
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Fischer, Matthias, Dr. rer. nat.
Leistungspunkte / Credits ECTS	8
Lernziele / Learning objectives	<p>Am Ende des Moduls Datenverarbeitung sollen die Studierenden die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes moderner Rechensysteme (Hardware und Software) realistisch einschätzen.</p> <p>Erwarteter Beitrag der Veranstaltung ist die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen wie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selbstständige Einarbeitung in und Analyse von neuen Problemen</li> <li>- Projektion der Problemkomponenten auf Lösungsschritte</li> <li>- Kooperations- und Teamfähigkeit; faire Arbeitsteilung</li> <li>- Präsentation erzielter Ergebnisse im Projektstudium, Analyse der evtl. Misserfolge</li> <li>- Fachbezogenen Fremdsprachenkompetenzen (Gängige Programmiersprachen beinhalten ausschließlich englische Elemente)</li> </ul>

### Datenverarbeitung

<b>Datenverarbeitung Data Processing</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.105XX	<b>Workload (h)</b> 240	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 8	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.079.03520 Grundlagen der Programmierung für Ingenieure: 3V + 2Ü (75 h / 105 h / P / 250)			
2.) L.048.10502 Projekt Angewandte Programmierung: 2P (30 h / 30 h / P / 150)			



- 1.) L.079.03520 *Fundamentals of Programming for Engineers: 3V + 2Ü (75 h / 105 h / C / 250)*  
 2.) L.048.10502 *Project Applied Programming: 2P (30 h / 30 h / C / 150)*

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Keine / None

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

1.) Die Teilnehmer sollen, auf den Kenntnissen der Veranstaltung Datenverarbeitung aufbauend, vertiefende Kenntnisse in unterschiedlichen Gebieten erlangen. Die Teilnehmer absolvieren die Veranstaltung Datenverarbeitung mit Beginn des Wintersemesters und hören ab der 2. Hälfte des Wintersemesters parallel dazu die vertiefende Veranstaltung im Umfang von 1V.

2.) In der Veranstaltung Projekt Angewandte Programmierung des vorliegenden Moduls wird anhand einer logisch abgeschlossenen, praxisnahen Aufgabenstellung in kleinen Gruppen als Blockveranstaltung unter Anleitung von Tutoren das in der Veranstaltung Datenverarbeitung gelernte und in einzelnen Teilen geübte Wissen ins Praktische umgesetzt.

### Inhalt / Contents

1.) Zum Inhalt der vertiefenden Veranstaltung gehören komplexere Datenstrukturen (z.B. Graphen, Bäume usw.) und Algorithmen (z.B. Breitensuche, Tiefensuche, Backtracking, Sortieren). Ebenso soll auch die Nutzung komplexer Datenstrukturen mit Hilfe von Templates durch Anwendung der "C++ Standard Template Library" (STL) erlernt werden. Weiter sollen Programmierkenntnisse im Bereich der Thread-Programmierung erlangt werden, um Programme nebenläufig (verzahnt) ausführen zu lassen.

2.)

Inhaltliche Gliederung jeder Aufgabenstellung:

- Einführung in die Aufgabenstellung
- Spezifikation
- Implementierung in C++
- Test
- Berichterstattung

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachkompetenz / Domain competence:

1.)

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

- das dynamische Verhalten von einfachen Software-Systemen zu beschreiben und zu implementieren,
- elementare Software-Systeme zu erklären, ihre Struktur zu verallgemeinern und im anderen Kontext erkennen.

2.)

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

- das dynamische Verhalten von einfachen Software-Systemen in Verbindung mit der Graphentheorie zu beschreiben und zu implementieren,
- umfangreiche Software-Systeme zu erklären, ihre Struktur zu verallgemeinern und im anderen Kontext erkennen.

### Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:

1.)

Die Studierenden

<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der Implementierung von Software-Systemen einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p>2.) Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der Implementierung von Software-Systemen einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>1.) Klausur / 120-180 min / 100%</p> <p>2.) ---</p> <p>1.) <i>Examination / 120-180 min / 100%</i></p> <p>2.) ---</p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
<p>1.) ---</p> <p>2.) schriftliche Studienleistung</p> <p>Als Studienleistung können im Rahmen des Projektes ein Kolloquium mit oder ohne Ausarbeitung verlangt werden. Die genaue Angabe der Erbringungsform der Studienleistung erfolgt zu Beginn der Vorlesungszeit im Campus Management System.</p> <p>1.) ---</p> <p>2.) <i>Written study achievement</i></p>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
<p>Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfungsleistung ist eine schriftliche Studienleistung über das 2.) Projekt Angewandte Programmierung</p> <p><i>Precondition for attendance: written study achievement in 2.) Project Applied Programming</i></p>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EBA, WGBAET, BA LABKET</p> <p><i>EBA, WGBAET, BA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
<p>Fischer, Matthias, Dr. rer. nat</p>
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>

- 1.) Vorlesung mit Übungen
- 2.) Projektarbeit mit Übungen
- 1.) *Lecture combined with lab course*
- 2.) *Project work with integrated lab course*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

- 1.)
  - Die Materialien zur Vorlesung (Übungszettel, Vorlesungsfolien, Organisation) finden Sie im koaLA-System.
  - Ulrich Breyman: Der C++-Programmierer: C++ lernen - Professionell anwenden - Lösungen nutzen, Carl Hanser Verlag, 2011.
  - Bjarne Stroustrup: Einführung in die Programmierung mit C++, Pearson Studium, 2010.
  - Sebastian Bauer: Eclipse für C/C++-Programmierer: Handbuch zu den Eclipse C/C++ Development Tools (CDT), Dpunkt Verlag, 2010.
- 2.)
  - Brian W. Kernighan; Dennis Ritchie: Programmieren in C. ANSI C. Hanser Fachbuch Verlag, 1990. ISBN 3446154973
  - Steve Oualline: Practical C programming. 3. ed. Cambridge [u.a.]. O'Reilly, 1997. ISBN 1565923065
  - Robert Sedgewick: Algorithms in C. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1990. ISBN 0201514257
  - R.V. Binder: Testing Object-Oriented Systems, Addison-Wesley, 2000. ISBN

**I.4.2 Technische Informatik**

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Technische Informatik Computer Engineering</b>
Module / Modules	Technische Informatik / Copmuter Engineering
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.
Leistungspunkte / Credits ECTS	8
Lernziele / Learning objectives	<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 Rechen-systeme 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</i></p>

	<p><i>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>
--	--

## Technische Informatik

<b>Technische Informatik Computer Engineering</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.079.0602	<b>Workload (h)</b> 240	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 8	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 2-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 2	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.079.12090 Digitaltechnik: 2V + 2Ü (60 h / 60 h / P / 500) 2.) L.079.12100 Rechnerarchitektur: 2V + 2Ü (60 h / 60 h / P / 400) 1.) L.079.12090 Digital Design: 2L + 2Ex (60 h / 60 h / P / 500) 2.) L.079.12100 Computer Architecture: 2L + 2Ex (60 h / 60 h / P / 400)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
1.) 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. 2.) Die Veranstaltung „Grundlagen der Rechnerarchitektur“ gibt eine Einführung in den Aufbau und Entwurf moderner Rechensysteme. Insbesondere wird vermittelt, wie durch ein effizientes Zusammenspiel von Hardware und Software kostengünstige und leistungsstarke Rechner entwickelt werden können. 1.) <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> 2.) <i>The course „Introduction to Computer Architecture“ deals with the design of modern computer systems. The focus lies on understanding the hardware/software interface and optimizing the cost/performance trade-off.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			

1.) Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Darstellung von Information und Fehlerkorrigierende Codes
- Boolesche Algebra
- Gatter und Schaltnetze
- Logikoptimierung (Optimierung zweistufiger Logik nach Quine/McCluskey)
- Automaten und Schaltwerke (festverdrahtet, mikroprogrammierbar)
- Arithmetische Einheiten als Entwurfsbeispiele
- Entwurf auf Register-Transfer-Ebene
- Hardware-Beschreibungssprachen und Entwurf mit VHDL

2.) Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Grundstrukturen, von Neumann Rechner
- Leistungsbewertung
- Befehlssätze und Assemblerprogrammierung
- Datenpfad und Steuerung
- Pipelining
- Speicherhierarchie, insb. Cache-Management und virtueller Speicher
- Ein-/Ausgabe

1.) *In detail the following topics are covered:*

- *Representation of information and error correcting codes*
- *Boolean Algebra*
- *Gates and combinational logic*
- *Logic optimization (Optimization of two-level logic using the Quine/McCluskey algorithm)*
- *Finite state machines and sequential circuits*
- *Arithmetic units as design examples*
- *Design at Register-Transfer-Level*
- *Hardware-Description Languages and VHDL design*

2.) *In detail the following topics are covered:*

- *Basic architectures, von Neumann computer*
- *Evaluating performance*
- *Instruction set architectures and assembler programming*
- *Data path and control*
- *Pipelining*
- *Memory hierarchy, in particular cache-management und virtual memory*
- *IO-Interface*

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

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

#### **1.) 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 Automaten-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.

#### **2.) Fachliche Kompetenzen / Professional Competences**

- Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,
- den Aufbau eines modernen Rechners sowie das Zusammenspiel von Hardware und Software zu beschreiben,
- die zugrunde liegenden allgemeinen Entwurfsprinzipien und -strategien zu erklären und anzuwenden,

- Rechensysteme im Hinblick auf Leistung und Kosten zu analysieren und bewerten, sowie
- selbständig einfache Assemblerprogramme zu schreiben.

### 1.) **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.*

2.) *After attending the course, the students will be able*

- *to describe the organization and the hardware/software interface of a modern computer,*
- *to explain the underlying general design principles and strategies and to apply them,*
- *to analyze and evaluate computer systems with respect to cost and performance, and*
- *to write simple assembler programs.*

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

#### 1.) **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.

#### 2.) **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.

#### 1.) **(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.*

#### 2.) **(Soft) Skills**

*The students*

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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulteilprüfung / *Partial modul exams*

1.) Klausur / 90-150 min / 50%

2.) Klausur / 90-150 min / 50%

1.) *Written Examination* / 90-150 min / 50%

2.) *Written Examination* / 90-150 min / 50%

### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden sind. <i>The credit points are awarded after both module examinations (MTP) were passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, CEBA <i>EBA, WGBAET, CEBA</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <p>1.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Beamer und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> <li>• Praktische Übungen zum VHDL Entwurf (Teamarbeit)</li> </ul> <p>2.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Beamer und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Prä-sentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> <li>• Praktische Übungen zur Assemblerprogrammierung am Rechner</li> </ul> <p>1.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</i></li> <li>• <i>VHDL design lab (in teams)</i></li> </ul> <p>2.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</i></li> <li>• <i>Hands-on exercises on assembler programming</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b></p> <p>1.)</p> <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> </ul>

2.)

- Vorlesungsfolien
- D. A. Patterson, J. L. Hennessy: *Computer Organization & Design – The Hardware / Software Interface (3rd Edition)*; Morgan Kaufmann, 2007; ISBN: 978-0-12-370606-5, ISBN-10: 0-12-370606-8
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs

1.)

- *Handouts of lecture slides*
- *J. F. Wakerly, „Digital Design,“ 4th Edition, Upper Saddle River, NJ: Pearson / Prentice Hall, 2007*
- *Additional links to books and other material available in koala*

2.)

- *Handouts of lecture slides*
- *D. A. Patterson, J. L. Hennessy: Computer Organization & Design – The Hardware / Software Interface (3rd Edition)*; Morgan Kaufmann, 2007; ISBN: 978-0-12-370606-5, ISBN-10: 0-12-370606-8
- *Additional links to books and other material available in koala*



## I.5 Praktikum

### I.5.1 Laborpraktikum

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Laborpraktikum <i>Laboratory Course</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laborpraktikum B / <i>Practical course B</i></li> <li>• Projektseminar / <i>Project Seminar</i></li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laborpraktikum A / <i>Practical course A</i></li> <li>• Laborpraktikum C / <i>Practical course C</i></li> <li>• Projektseminar / <i>Project Seminar</i></li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	8
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	Die Studierenden sollen ihre in den elektrotechnischen Vorlesungen der ersten vier Semester des Bachelorstudiums Elektrotechnik erworbenen Kenntnisse praktisch vertiefen.  <i>The students are expected to be have deepened their knowledge taught them in electrical Modules during the first four semesters of the Bachelorprogram.</i>

### Laborpraktikum

<b>Laborpraktikum und Projektseminar</b> <i>Laboratory work experience and Project seminar</i>			
<b>Modulnummer / <i>Module number</i></b> M.048.108XX	<b>Workload (h)</b> 240	<b>Leistungspunkte / <i>Credits</i></b> 8	<b>Turnus / <i>Regular cycle</i></b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / <i>Semester number</i></b> 2-4	<b>Dauer (in Sem.) / <i>Duration (in sem.)</i></b> 3	<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / <i>Module structure</i></b>			
1.) L.048.10801 Laborpraktikum A: 2 Prakt. (30 h / 30 h / P / 100)			
2.) L.048.10802 Laborpraktikum B: 2 Prakt. (30 h / 30 h / P / 100)			
3.) L.048.10803 Laborpraktikum C: 2 Prakt. (30 h / 30 h / P / 100)			

- 4.) L.048.10804 - .10899 Projektseminar: 2S (30 h / 30 h / WP / 25)  
 1.) L.048.10801 Laboratory work experience A: 2 Prakt. (30 h / 30 h / C / 100)  
 2.) L.048.10802 Laboratory work experience B: 2 Prakt. (30 h / 30 h / C / 100)  
 3.) L.048.10803 Laboratory work experience C: 2 Prakt. (30 h / 30 h / C / 100)  
 4.) L.048.10804 - .10899 Project seminar: 2S (30 h / 30 h / CE / 25)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

- 4.) 1 aus n Projektseminaren  
 4.) 1 of n Project seminars

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

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

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

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 selbstständig 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 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

### **5 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.

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulteilprüfung / *Partial modul exams*

1.) Gesamtheit der 6-8 Laborexperimente, die gleichgewichtet in die Note der Modulteilprüfung eingehen / 25%

2.) Gesamtheit der 6-8 Laborexperimente, die gleichgewichtet in die Note der Modulteilprüfung eingehen / 25%
3.) Gesamtheit der 6-8 Laborexperimente, die gleichgewichtet in die Note der Modulteilprüfung eingehen / 25%
4.) Referat / 30 min / 25%
1.) <i>the totality of 6-8 experiments, which are equally weighted in the partial module exam / 25%</i>
2.) <i>the totality of 6-8 experiments, which are equally weighted in the partial module exam / 25%</i>
3.) <i>the totality of 6-8 experiments, which are equally weighted in the partial module exam / 25%</i>
4.) <i>presentation / 30 min / 25%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden sind. <i>The credit points are awarded after all module examinations (MTP) were passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, BA LABKET <i>EBA, WGBAET, BA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="#">PAUL</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laborpraktische Übung</li> <li>• Bearbeitung einer Aufgabe in einem Projektseminar</li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Praktikumsunterlagen mit Literaturhinweisen stehen online zur Verfügung.

## II. Module im 2. Studienabschnitt des Bachelorstudiengangs

### II.1 Gebiet Vertiefungen

#### II.1.1 Nachrichtentechnik

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Nachrichtentechnik Communications</b>
Module / Modules	Nachrichtentechnik / Communications
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	5
Lernziele / Learning objectives	<p>Das Katalog Informationstechnik vermittelt weiterführende Kenntnisse über die technische Verarbeitung und Übertragung von Information. Das Modul Nachrichtentechnik wird dabei als kanonische Vorlesung im Bereich der Informationstechnik angesehen, da sie grundlegende Begriffe einführt (z.B. den Shannonschen Informationsbegriff), eine abstrakte Beschreibung informationsverarbeitender Systeme mit Hilfe der Signal- und Systemtheorie liefert, die unabhängig von konkreten Bauelementen oder Schaltkreisrealisierungen ist, und die statistische Signalbeschreibung als ein grundlegendes Modellierungskonzept einführt.</p> <p><i>The catalogue Information Technology provides further knowledge and expertise in the field of processing and transmission of information. The module on Communications (Nachrichtentechnik) familiarizes the students with the basic concepts of information technology (e.g. Shannon's concept of information), the description of information processing systems by means of signal and system theory, and the ubiquitousness of the concept of stochastic signals in information processing systems</i></p>

## Nachrichtentechnik

<b>Nachrichtentechnik</b> <i>Communications Engineering</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10901	<b>Workload (h)</b> 150	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 5	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10901 Nachrichtentechnik : 2V + 2Ü (60 h / 90 h / P / 150) L.048.10901 Communications Engineering: 2L + 2Ex (60 h / 90 h / C / 150)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus dem Modul Signal- und Systemtheorie. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Veranstaltung Nachrichtentechnik gibt einen Einblick in das weite Feld der Informationstechnik. Sie beschäftigt sich mit der Codierung und dem Senden, Übertragen und Empfangen von Information. Übertragungssysteme werden mit den Techniken der Signal- und Systemtheorie und der statistischen Signalbeschreibung behandelt. Während analoge Übertragungsverfahren nur kurz diskutiert werden, liegt der Schwerpunkt bei der Behandlung digitaler Übertragungsverfahren, deren Elemente am Beispiel der Pulsamplitudenmodulation diskutiert werden.</p> <p>Die Vorlesung schließt mit einer Einführung in die Informationstheorie, welche die Grundlage der modernen Nachrichtentechnik bildet.</p> <p>Die Lehrveranstaltung ist die Basis für weitergehende Lehrveranstaltungen aus dem Bereich der Informationstechnik.</p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signale und Systeme der Nachrichtentechnik: Begriff des LTI-Systems, Fouriertransformation zeitkontinuierlicher und –diskreter Systeme, Abtasttheorem, idealer Tiefpass, idealer Bandpass, äquivalente Basisbanddarstellung reeller Bandpasssysteme, Mischerstrukturen, Hilberttransformation</li> <li>• Analoge Modulationsverfahren: Zweiseitenband-Amplitudenmodulation mit und ohne Träger, Einseitenband-AM, Überlagerungsempfänger, Frequenzmodulation</li> <li>• Digitale Übertragungsverfahren am Beispiel von Pulsamplitudenmodulation: Signalraumkonstellationen (ASK, PSK, QAM), Pulsformung, Nyquistkriterium, AWGN-Kanalmodell, Matched Filter, ML-Entscheidungsregel, Fehlerratenberechnung</li> <li>• Einführung in der Informationstheorie: Entropie, Quellencodierungstheorem, Huffman-Codierung, wechselseitige Information, Kanalkapazität, Kanalcodierungstheorem</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
Fachliche Kompetenzen / <b>Professional Competence</b>			

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

- Nachrichtentechnische Systeme mit Methoden der Signal- und Systemtheorie zu beschreiben und zu analysieren
- Die Vorteile einer Beschreibung von Signalen als stochastische Prozesse zu erkennen, und Nutz- und Störsignale als Zufallsprozesse zu beschreiben und zu analysieren
- Die wesentlichen Komponenten eines digitalen Übertragungssystems zu verstehen
- Sinnvolle Entwurfsentscheidungen für die Elemente eines Übertragungssystems für vorgegebene Übertragungsverhältnisse zu treffen
- Die Leistungsfähigkeit eines Kommunikationssystems zu bewerten und Kenngrößen für Bandbreiten- und Leistungseffizienz zu berechnen

Die überragende Bedeutung der Shannon'schen Informationstheorie für die moderne Nachrichtentechnik zu erkennen, Entropie und Kanalkapazität von einfachen Quellen und Kanälen zu berechnen

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

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten der Modellierung von Signalen als stochastische Prozesse disziplinübergreifend einsetzen,
- können die Methoden und Techniken der Signal- und Systemtheorie auf vielfältige Bereiche der Signalverarbeitung anwenden
- können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse von Kommunikationssystemen einsetzen,
- sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

Die hier beschriebenen Kompetenzen werden so auch in der Ingenieurpraxis eingesetzt.

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur / 90-150 min / 100%

*Written Examination / 90-150 min / 100%*

### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

### **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

### **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

### **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

### **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET

*EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET*

### **12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr. -Ing.

### **13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://nt.upb.de/index.php?id=nt>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Hausaufgaben zum selbständigen Einüben der Vorlesungsinhalte durch die Studierenden und als Rückkopplung des erworbenen Wissensstandes und der Transferkompetenz
- Demonstration von Vorlesungsinhalten anhand realer technischer Systemen im Hörsaal.

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung

Weiterführende Literatur:

- K.-D. Kammeyer, Nachrichtenübertragung, Teubner, 2004.
- H.D. Lueke, Signalübertragung, Springer Verlag, 1988.
- J.G. Proakis, Digital Communications, McGraw Hill, 1995.
- E.A. Lee und D.G. Messerschmitt, Digital Communication, Kluwer, 2002.

**II.1.2 Katalog der Wahlpflichtmodule Informationstechnik**

Ein Wahlpflichtmodul aus diesem Katalog muss gewählt werden; ein weiteres Wahlpflichtmodul kann gewählt werden, falls zur weiteren fachspezifischen Vertiefung die Disziplin Informationstechnik gewählt wird.

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Informationstechnik Information Technology</b>
Module / Modules	<p>Sommersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elemente digitaler Kommunikationssysteme / <i>Elements of Digital Communication Systems</i></li> <li>• Zeitdiskrete Signalverarbeitung / <i>Discrete-Time Signal Processing</i></li> <li>• Aktuelle Themen der Signalverarbeitung / <i>Current topics in signal processing</i></li> </ul> <p>Wintersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Informationsübertragung / <i>Optical Information Transmission</i></li> <li>• Introduction to Algorithms / <i>Introduction to Algorithms</i></li> </ul>
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 je Modul / <i>6 per module</i>



Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Der Katalog Informationstechnik enthält eine Reihe von Modulen 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.</p> <p><i>The catalogue Information Technology Catalogue deepens the knowledge and expertise in the field of processing and transmission of information. By choosing a module of the catalogue students will be given more detailed insight into a specific discipline, be it in the field of digital communications, signal processing, software engineering or signal theory</i></p>
---	--

## Optische Informationsübertragung

<b>Optische Informationsübertragung</b> <i>Optical Information Transmission</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.10903	180	6	Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	5-6	1	Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10903 Optische Informationsübertragung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.10903 Optical Information Transmission: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electronics. Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
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 >10 Tbit/s oder transozeanische Streckenlängen.

*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 its high capacity beyond 10Tbit/s or transoceanic spans.*

### **Inhalt / Contents**

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 Signalformate wie Wellenlängenmultiplex. Hierbei werden die wichtigsten Zusammenhänge vermittelt.

*Optical Information Transmission (4 SWS, 6 credits): This course explains the wave propagation by 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.*

## **5 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*

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

*Modulabschlussprüfung / Final modul exam*

*Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%*

*Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%*

### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

*Keine / None*

### **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

*Keine / None*

### **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

*Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.*

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

### **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

*Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).*

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

### **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

*EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET*

*EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET*

### **12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

*Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.*

### **13 Sonstige Hinweise / Other notes**

#### **Modulseite / Module Homepage**

<http://ont.uni-paderborn.de/index.php?2177>

#### **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.*

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

*R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7*

*R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7*

## Introduction to Algorithms

<b>Introduction to Algorithms</b> <i>Introduction to Algorithms</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10907, M.048.90501	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10907 Introduction to Algorithms: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.90501 Introduction to Algorithms: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Mathematische Grundlagen (z.B. asymptotisches Verhalten von Funktionen, Wahrscheinlichkeiten) Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. <i>Mathematical basics (e.g. asymptotic behavior of functions, probabilities)</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Der Kurs gibt eine Einführung in Entwurf und Analyse von Algorithmen. <i>The course gives an introduction into the design and analysis of algorithms.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> Sortieralgorithmen, Grundlegende Datenstrukturen, Graphen und Graphenalgorithmen, Entwurf und Analyse von Algorithmen (Problemkomplexität, Laufzeit und Speicherplatzkomplexität von Algorithmen, exakte und heuristische Lösungen, probabilistische Ansätze) <i>Sorting algorithms, basic data structures, graphs and graph algorithms, design and analysis of algorithms (problem complexity, run time and storage complexity of algorithms, exact vs. heuristic solutions, probabilistic approaches)</i>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende Algorithmen und Datenstrukturen zu beschreiben und zu erklären,</li> <li>• die behandelten Verfahren selbständig auf neue Beispiele anzuwenden,</li> <li>• die gefundenen Lösungen bezüglich Laufzeit zu analysieren und zu bewerten,</li> <li>• die entwickelten Algorithmen zu in einer modernen objektorientierten Programmiersprache zu implementieren.</li> </ul> <i>After attending the course, the students will be able</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to describe and explain basic algorithms and data structures,</li> <li>• to apply them to new problems,</li> <li>• to analyze and evaluate the developed solutions with respect to run time,</li> </ul>			

- *to implement the developed algorithms in a modern object oriented programming language.*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden können

- die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen
- Lösungen im Team erarbeiten und umsetzen
- die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.

*The students*

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

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%

*Written or Oral Examination/ 120-180 min or 30-45 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EBA, WGBAET, ESEMA, MA LABKET

*EBA, WGBAET, ESEMA, MA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://www.date.uni-paderborn.de>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesung mit Übung (teilweise am Rechner)
- Programmierprojekt
- *Lecture combined with lab course (partly with hands-on programming exercises)*
- *Programming project*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

- T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, C. Stein: Introduction to Algorithms. 2nd Edition, MIT Press, 2002.
- E. Horowitz, B. Sahni, B. Rajabkaran: Computer Algorithms – C++, 2nd Edition, Computer Science Press, 1998
- V. Aho, J. E. Hopcroft, and J. Ullman, Data Structures and Algorithms. 1st Edition Addison-Wesley, 1983
- R. Sedgewick: Algorithms in C++, Addison-Wesley, 2001.
- M. R. Garey and D. S. Johnson: Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness, W. H. Freeman & Co Ltd., 1979
- Kopien der Vorlesungsfolien / Handouts of Lecture Slides

### II.1.3 Schaltungstechnik

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Schaltungstechnik Circuit Design</b>
Module / Modules	Schaltungstechnik / Circuit Design
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Scheytt, Christoph, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	5
Lernziele / Learning objectives	<p>Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls können die Studierenden grundlegende analoge und digitale elektronische Schaltungen entwickeln, ihr Zeitverhalten berechnen und zu komplexeren Schaltungen zusammensetzen.</p> <p><i>After successful participation in this module the students will be able to develop basic analogue and digital electronic circuits, to describe the time behavior of the circuits and to combine basic circuits to large circuitries.</i></p>

### Schaltungstechnik

<b>Schaltungstechnik Circuit Design</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.11001	150	5	Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	5	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.11001 Schaltungstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 90 h / P / 150)			

L.048.11001 Circuit Design: 2L + 2Ex (60 h / 90 h / C / 150)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Vorlesungen „Halbleiterbauelemente“ und „Werkstoffe der Elektrotechnik“.

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

Die Vorlesung führt in die Analyse und den Entwurf analoger und digitaler Schaltungen ein und lehrt den Umgang mit rechnergestützten Simulations- und Entwurfswerkzeugen. Sie baut auf den Vorlesungen „Halbleiterbauelemente“ und „Werkstoffe der Elektrotechnik“ auf. Analoge und digitale Schaltungen bilden heutzutage eine Grundlage fast aller technischen Systeme und ermöglichen insbesondere den Fortschritt in der Informations- und Kommunikationstechnik.

### Inhalt / Contents

Die grundlegenden Entwurfstechniken für den methodischen Entwurf analoger und digitaler elektronische Schaltungen werden vermittelt. Die Vorlesung behandelt die folgenden Themenbereiche:

- Analyse- und Entwurfsmethoden analoger Systeme
- Analyse- und Entwurfsmethoden digitaler Systeme
- Grundsaltungen der Analog- und Digitaltechnik
- Modellierung und numerische Simulation von Analog- und Digitalisierungen
- Typische Komponenten und Sub-Systeme
- Anwendungsbeispiele

Im Rahmen der Übung werden elektronische Schaltungen entworfen und berechnet.

### Praxisbezug

In der Übung werden die Studenten in die Entwurfs- und Simulationssoftware LTSpice eingeführt und anwendungsnahe elektronische Schaltungen mittels LTSpice entworfen, simuliert und optimiert.

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachliche Kompetenzen

Der Studierende wird in der Lage sein,

- Analyse- und Entwurfsmethoden für analoge Systeme zu verstehen und zu beschreiben,
- Analyse- und Entwurfsmethoden für digitale Systeme zu verstehen und zu beschreiben,
- die Begrenzungen der verschiedenen Methoden zu beurteilen,.
- das Verhalten einfacher analoger und digitaler Schaltungen zu verstehen und zu berechnen,
- die Schritte bei der numerischen Simulation und des digitalen und analogen Schaltungsentwurfs zu beschreiben und
- typische Komponenten und Subsysteme zu beschreiben.

### Fachübergreifende Kompetenzen

Die Vorlesung vermittelt ein Verständnis des Zusammenspiels von unterschiedlichen Modellierungsverfahren, mathematischen Analyse-Ansätzen und Simulationstechniken, und wie diese effektiv für den Entwurf technischer Systeme einzusetzen sind. Die Methoden des Entwurfs analoger elektronischer Systeme sind übertragbar auf den Entwurf zeit- und amplitudenkontinuierlicher Systeme. Die Methoden des Entwurfs digitaler elektronischer Systeme sind übertragbar auf den Entwurf von zeit- und amplitudendiskreten Systemen.

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur / 90-150 min / 100%

Written Examination / 90-150 min / 100%



<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET <i>EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Scheytt, Christoph, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.hni.uni-paderborn.de/sct/lehre/schaltungstechnik/">http://www.hni.uni-paderborn.de/sct/lehre/schaltungstechnik/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung auf Basis von Powerpoint-Präsentation und Beamer</li> <li>• Übung zu einem Teil als Rechenübung auf handschriftlicher Basis mit Tablet und Beamer</li> <li>• Übung zum andern Teil als Praxisübung unter Nutzung von LTspice zur Schaltungssimulation</li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Bereitstellung der Folien zur Vorlesung Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• R. C. Jaeger, T. N. Blalock, Microelectronic Circuit Design, McGraw-Hill</li> <li>• N. Weste, D. M. Harris, CMOS VLSI Design, Addison-Wesley</li> </ul>

#### II.1.4 Katalog der Wahlpflichtmodule Mikrosystemtechnik

Ein Wahlpflichtmodul aus diesem Katalog muss gewählt werden; ein weiteres Wahlpflichtmodul kann gewählt werden, falls zur weiteren fachspezifischen Vertiefung die Disziplin Mikrosystemtechnik gewählt wird.

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Mikrosystemtechnik / Micro Systems Technologies</b>
Module / Modules	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme / Quality</li> </ul>



	<p><i>Assurance for Micro-Electronic Systems</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleiterprozessstechnik / <i>Semiconductor Device Integration</i></li> </ul> <p>Wintersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Hochfrequenztechnik / <i>Introduction to High Frequency Engineering</i></li> <li>• Grundlagen des VLSI-Entwurfs / <i>Foundations of VLSI-Design</i></li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 je Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Der Katalog „Mikrosystemtechnik“ beinhaltet verschiedene Module 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 modules 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>

### Einführung in die Hochfrequenztechnik

<b>Einführung in die Hochfrequenztechnik</b> <i>Introduction to High-Frequency Engineering</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i> M.048.11004	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i> 6	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i> 1	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur /</b> <i>Module structure</i>			
L.048.11004 Höchstfrequenzelektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)			

L.048.11004 High-Frequency Electronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Grundlagen der Elektrotechnik.

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

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

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

Die Lehrveranstaltung Einführung in die Hochfrequenztechnik vermittelt Grundkenntnissen der Hochfrequenztechnik insbesondere mit Bezug auf die leitungsggebundene Signalausbreitung auf Leiterplatten und in integrierten Schaltkreisen, die für den Entwurf elektronischer Schaltungen bei hohen Frequenzen sowie in den weiterführenden Lehrveranstaltungen Hochfrequenztechnik, Optische Nachrichtentechnik und Hochfrequenzelektronik benötigt werden.

*The course Introduction to High-Frequency Engineering provides basic knowledge of high-frequency engineering in particular with respect to signal propagation along transmission lines on circuit boards and integrated circuits. This knowledge is prerequisite for the continuative courses High-Frequency Engineering, Optical Communication, and High-Frequency Electronics.*

### Inhalt / Contents

Im ersten Teil der Veranstaltung Einführung in die Hochfrequenztechnik werden ausgehend von konkreten Wellenleiterstrukturen die primären Leitungskonstanten sowie ein Ersatzschaltbild eingeführt und auf dieser Grundlage die Telegraphengleichung für verschiedene Randbedingungen gelöst. Speziell werden stationäre Prozesse und verlustlose Leitungen betrachtet sowie das Leitungsdiagramm eingeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zur Dimensionierung von Schaltungen aus verteilten und konzentrierten Elementen, insbesondere von Anpassnetzwerken eingesetzt.

Im zweiten Teil der Veranstaltung werden hochfrequenztechnische Aspekte der Netzwerktheorie behandelt. Insbesondere werden Schaltungen aus verteilten und konzentrierten Elementen mit Hilfe der Streuparameter einheitlich beschrieben, auf deren Grundlage klassifiziert und Gewinndefinitionen abgeleitet.

*In the first part of the course Introduction to High-Frequency Engineering, an equivalent circuit together with primary transmission line parameter is introduced. The resulting telegraph equation is solved for various boundary conditions. In particular, stationary processes and lossless transmission lines are considered and the Smith diagram is introduced. The gained knowledge is used to dimension circuits comprising distributed and lumped components, in particular matching networks.*

*In the second part, high-frequency aspects of circuit theory are covered. In particular, circuits comprising distributed and lumped elements are consistently described and classified by scattering parameters, and gain definitions are derived.*

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachkompetenz / Domain competence:

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

- passive Schaltungen aus verteilten und konzentrierten Elementen zu beschreiben,
- zu analysieren
- und zu entwerfen.

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

- *describe circuits comprising distributed and lumped components,*
- *to analyze,*
- *and to design the latter.*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

- können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,
- lernen das industrieübliche CAD-System ADS kennen
- und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

*The students*

- *can use of methodic knowledge for systematic problem analysis,*
- *get familiar with the CAD system ADS, which is commonly used in industry*
- *and gain foreign language competences related to the field.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%

*Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EBA, WGBAET, CEMA, MA LABKET

*EBA, WGBAET, CEMA, MA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes****Modulseite / Module Homepage**

<http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/hft.html>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit überwiegenderm Tafelinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,
- Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters, teilweise unter Einsatz von CAD-Software 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, and partially using CAD software.*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

A. Thiede, Einführung in die Hochfrequenztechnik, Vorlesungsskript Universität Paderborn

weiterführende und vertiefende Literatur / continuative and deepening literature  
 A. Thiede, Integrierte Hochfrequenzschaltkreise, Springer Vieweg Verlag (YDA2058)  
 P. Vielhauer, Lineare Netzwerke, Verlag Technik und Hüthig (65 YCF 1469)  
 M. Hoffmann, Hochfrequenztechnik, Springer Verlag (51 YDA 1913)  
 O. Zinke, H. Brunswig, Hochfrequenztechnik, Bd.1+2, Springer Verlag (51 YDA 1086)  
 G. Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers, Prentice Hall (51 YEP 3142)  
 P.C.L. Yip, High-Frequency Circuit Design and Measurements, Chapman&Hall (51 YDA 1751)  
 R.E. Collin, Foundations for Microwave Engineering, Mc Graw-Hill (51 YGA 1240)

## Grundlagen des VLSI-Entwurfs

<b>Grundlagen des VLSI-Entwurfs</b> <i>Foundations of VLSI-Design</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.11007	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.11007 Grundlagen des VLSI-Entwurfs: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.11007 Foundations of VLSI-Design: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Veranstaltung Grundlagen des VLSI-Entwurfs behandelt den Entwurf hochintegrierter Schaltungen (engl. "Very Large Scale Integrated Circuits" = VLSI) auf der Basis von Hardware-Beschreibungssprachen. Es werden die technologischen und schaltungstechnischen Grundlagen behandelt, sowie die grundlegenden Entwurfsmethoden vermittelt, die aktuell auch industriell eingesetzt werden, um mikroelektronische digitale Bausteine mit mehreren Millionen Transistoren zu realisieren.			
<b>Inhalt / Contents</b> Aufbauend auf einer Einführung in die unterschiedlichen Abstraktionsebenen des Systementwurfs erfolgt eine Einführung in den Entwurfsablauf von hochintegrierten digitalen Schaltungen. Darauf aufbauend werden die verschiedenen Entwurfstile von VLSI-Schaltungen (VLSI = Very Large Scale Integration) und ihre Anwendungsgebiete behandelt. Im Hauptteil der Vorlesung werden CMOS-Halbleitertechnologien, die CMOS-Schaltungstechnik und der optimale Entwurf von digitalen CMOS-Schaltungen unter den Gesichtspunkten Verlustleistung, Verzögerungszeiten, Taktgeschwindigkeit, Robustheit und Kosten behandelt. Schließlich werden ausgesuchte wichtige Teilkomponenten und Konzepte von komplexen digitalen Schaltungen behandelt, wie z.B. die Takterzeugung und -verteilung, I/O-Schaltungen und grundlegende Testkonzepte und -Schaltungen.			

## **Praxisbezug**

In den Praxisübung werden die in der Vorlesung vermittelten Methoden praktisch angewandt. Auf Basis der Hardwarebeschreibungssprache VHDL bzw. Verilog werden im Rahmen einer konkreten Aufgabenstellung mikroelektronische Schaltungen entworfen und in den Entwurstilen FPGA-Entwurf (FPGA = Field-Programmable Gate Array) und Standardzellen-Entwurf implementiert. Als Entwurfsumgebung steht Software der Firmen Cadence Design Systems, Synopsys und Mentor Graphics zur Verfügung, die auch in der Industrie für den Chipentwurf verwendet wird.

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

### **Fachliche Kompetenzen**

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

- komplexe mikroelektronische Systeme auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen zu beschreiben,
- problemorientiert geeignete Modelle und Modellierungsverfahren für die Simulation und die Synthese von Schaltungen auszuwählen sowie
- die Methoden zur Schaltungsspezifikation, -simulation und -synthese anzuwenden, um selbstständig einfache mikroelektronische Schaltungen zu entwickeln.

### **Fachübergreifende Kompetenzen**

Die Studierenden

- können ihre gewonnenen Erkenntnisse und Arbeitsergebnisse einem Fachpublikum präsentieren,
- können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und
- sind in der Lage, unter eigener Kontrolle ihres Erkenntnisfortschritts kontinuierlich an einer Problemstellung zu arbeiten

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%

*Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%*

## **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

## **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

## **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

## **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

## **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EBA, WGBAET, CEBA

*EBA, WGBAET, CEBA*

## **12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Scheytt, Christoph, Prof. Dr.-Ing.

## **13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://www.hni.uni-paderborn.de/sct/lehre/entwurf-mikroelektronischer-systeme/>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen, überwiegend mit Powerpoint-Präsentationen und Beamer
- Handschriftliche Herleitungen auf Tablet und Beamer
- Praxisübung in Form eines konkreten Projektes

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Bereitstellung der Folien zur Vorlesung; Hinweise auf Lehrbücher werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

**II.1.5 Regelungstechnik**

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Regelungstechnik Control Engineering</b>
Module / Modules	Regelungstechnik / Control Engineering
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
Leistungspunkte / Credits ECTS	5
Lernziele / Learning objectives	In dem Modul „Regelungstechnik“ sollen die Studierenden die prinzipiell unterschiedlichen Verhaltensweisen rückgekoppelter und nicht rückgekoppelter Systeme beurteilen sowie die Beschreibung realer technischer Systeme durch abstrakte Konstrukte wie Übertragungsfunktionen und Zustandsgleichung verstehen und vergleichen können.

Regelungstechnik

<b>Regelungstechnik Automatic Control</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.11101	150	5	Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	5	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.11101 Regelungstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 90 h / P / 150)			
L.048.11101 Automatic Control: 2L + 2Ex (60 h / 90 h / C / 150)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			

Keine / None

### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Bachelorlehrveranstaltungen zur Systemtheorie werden vorausgesetzt.

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*Undergraduate-level systems theory*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

### 4 Inhalte / Contents

#### Kurzbeschreibung / Short Description

Aufbauend auf die Systemtheorie Veranstaltung befasst sich dieser Kurs mit dem Entwurf von Regelungssystemen im Frequenzbereich und im Zustandsraum. Sowohl zeitkontinuierliche als zeitdiskrete Systeme werden untersucht. 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.

*This course builds on a systems theory course and focuses on the design of control systems, using transfer function and state space methods. Continuous-time as well as discrete-time systems are treated. The course is primarily intended to serve engineering students, but can also be useful to students in physics and other natural sciences.*

#### Inhalt / Contents

- Einfache Regler mit Rückkopplung
- Analyse eines linearen zeitinvarianten (LZI) Regelkreises (Eingrößensystem)
- Reglerentwurf via Polvorgabe
- Inneres-Modell-Prinzip
- Zusätzliche Freiheitsgrade
- Digitale Regelung
- Regelung zeit-diskreter Zustandsraummodelle
- Modellprädiktive Regelung
- *Intuitive feedback controllers*
- *Analysis of LTI Single-Input Single Output (SISO) Control Loops*
- *Controller Synthesis via pole placement*
- *Additional degrees of freedom*
- *Introduction to Digital Control*
- *Discrete-time state-space models*
- *Introduction to Model Predictive Control*

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

#### Fachkompetenz / Domain competence:

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

- das dynamische Verhalten von rückgekoppelten Systemen mit linearer zeitinvarianter Dynamik zu analysieren
- geeignete Regeleinrichtungen zu entwerfen.

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

- *study the dynamics of feedback systems with linear time-invariant dynamics*
- *design appropriate control systems*

#### Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einsetzen,



<ul style="list-style-type: none"> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse und Synthese einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p><i>Students learn</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to use systematic analysis and synthesis methods that can be employed in a variety of disciplines, both in engineering and natural sciences</i></li> <li>• <i>precise methods based on abstractions that can be used to further independent learning.</i></li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p> <p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur / 90-150 min / 100%  <i>Written Examination / 90-150 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p> <p>EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET  <i>EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p> <p>Quevedo, Daniel, Prof. Dr.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p> <p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://control.upb.de">control.upb.de</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafelinsatz und Folien-Präsentationen</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner und im Labor.</li> <li>• <i>Lectures using blackboard and slides</i></li> <li>• <i>Tutorials with study guides, computer simulations and lab demonstrations</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b></p> <p>Der Kurs basiert sich auf ausgewählte Teile der angefügten Literaturliste. Dazu werden Skript und Übungsblätter bereitgestellt.  <i>The course uses a selection of material from the books included in the list below. In addition, lecture notes and study guides are provided.</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Control System Design. Prentice-Hall, 2001.</li> </ol>



2. K. J. Astrom and B. Wittenmark, Computer controlled systems. Theory and design. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, second ed., 1990.

## II.1.6 Katalog der Wahlpflichtmodule Automatisierungstechnik

Ein Wahlpflichtmodul aus diesem Katalog muss gewählt werden; ein weiteres Wahlpflichtmodul kann gewählt werden, falls zur weiteren fachspezifischen Vertiefung die Disziplin Automatisierungstechnik gewählt wird.

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Automatisierungstechnik <i>Automation Technology</i>
Module / <i>Modules</i>	<p>Sommersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrielle Messtechnik / <i>Industrial Measurement Engineering</i></li> <li>• Regenerative Energien / <i>Renewable Energies</i></li> </ul> <p>Wintersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Antriebstechnik / <i>Electrical Drives</i></li> <li>• Messtechnische Signalanalyse mit MATLAB und Python / <i>Metrological Signal Analysis with MATLAB and Python</i></li> <li>• Modellprädiktive Regelung und konvexe Optimierung / <i>Model predictive control and convex optimization</i></li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 jeModul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>In dem Modul „Industrielle Messtechnik“ sollen die Studierenden die grundlegenden Methoden und technischen Geräte zur Erfassung elektrischer und nichtelektrischer Prozessgrößen darstellen und zur sachgerechten Lösung messtechnischer Probleme anwenden können.</p> <p>In dem Modul „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>

	In dem Modul „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.
--	--

## Elektrische Antriebstechnik

<b>Elektrische Antriebstechnik</b> <i>Electrical Drives</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.11102	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.11102 Elektrische Antriebstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.11102 Electrical Drives: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
GET-A, GET-B Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Lehrveranstaltung ist eine Wahlpflichtveranstaltung aus dem Modul Automatisierungstechnik des Bachelor-Studiengangs.</p> <p>Die Lehrveranstaltung Elektrische Antriebstechnik befasst sich mit modernen elektrischen Antrieben, die nicht nur elektrische in mechanische Leistung wandeln, sondern auch auf Grund ihrer stationären und dynamischen Steuerbarkeit in der Lage sind, die erforderlichen Kräfte, Drehmomente, Drehzahlen und Leistungen entsprechend den Erfordernissen des angetriebenen Prozesses bereitzustellen. Ein moderner elektrischer Antrieb besteht aus einem elektromechanischen Wandler (Motor), einem Stellglied (Leistungselektronik) zur Steuerung des Leistungsflusses und einem Regler. Je nach Anwendung kommen verschiedene Wirkprinzipien und unterschiedliche Bauformen zum Einsatz. Der Leistungsbereich steuerbarer elektrischer Antriebe reicht heute von einigen Milliwatt bis zu einigen hundert Megawatt.</p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antriebstechnische Aufgabenstellungen, typische Lastkennlinien</li> <li>• Drehmoment-Drehzahl-Anpassung durch Getriebe</li> <li>• Gleichstrommotor mit Speisung durch Tiefsetzsteller oder 4-Quadranten-Steller</li> <li>• Thyristor-Schaltungen</li> <li>• Wechsel- und Drehstromtransformatoren</li> <li>• Asynchronmotoren</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synchronmotor</li> <li>• Thermische Modellierung und thermisches Verhalten</li> <li>• Anwendungen aus Industrie und Verkehrstechnik</li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>
<b>Fachkompetenz / <i>Domain competence:</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studenten verstehen der wichtigsten Typen elektrischer Antriebe und können sie den wichtigsten Einsatzbereichen zuordnen</li> <li>• Haben die wichtigsten Grundbegriffe verstanden und sind in der Lage, sich anhand der Literatur das Themengebiet weiter zu erschließen</li> </ul>
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / <i>Key qualifications:</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studenten lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen</li> <li>• erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / <i>Assessments</i></b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100% <i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / <i>Study achievement</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / <i>Prerequisites for participation in examinations</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / <i>Prerequisites for assigning credits</i></b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / <i>Weighing for overall grade</i></b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / <i>Reuse in degree courses</i></b>
EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET <i>EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / <i>Module coordinator</i></b>
Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / <i>Other notes</i></b>
<b>Modulseite / <i>Module Homepage</i></b> <a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tafelanschrieb im Wechsel mit teilweise vorbereiteten Präsentationen</li> <li>• Gruppenübungen mit vorbereiteten Übungsaufgaben</li> <li>• Teile der Veranstaltung werden als Rechnerübung angeboten</li> </ul>

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Skript

Lecture notes

## Messtechnische Signalanalyse mit MATLAB und Python

**Messtechnische Signalanalyse mit MATLAB und Python**  
**Metrological Signal Analysis with MATLAB and Python**

<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.11107	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German

**1 Modulstruktur / Module structure**

L.048.11107 Messtechnische Signalanalyse mit MATLAB und Python: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.11107 Metrological Signal Analysis with MATLAB and Python : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

**2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module**

Keine / None

**3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements**

Inhalte der Veranstaltungen Signaltheorie, Systemtheorie, Stochastik für Ingenieure, Grundlagen der Programmierung für Ingenieure sowie Messtechnik werden vorausgesetzt.

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

**4 Inhalte / Contents****Kurzbeschreibung / Short Description**

In der Lehrveranstaltung "Messtechnische Signalanalyse mit MATLAB und Python" werden Methoden zur Analyse realer Messsignale vorgestellt und mittels den Softwarepaketen MATLAB oder Python angewendet. Zu Beginn wird eine Kurzeinführung in den Umgang mit MATLAB bzw. Python gegeben. Im Folgenden werden verschiedene Arten von Signalen betrachtet und beispielsweise im Zeit- und Frequenzbereich analysiert. Des Weiteren werden Methoden zur Signal(vor)verarbeitung bzw. Signalaufbereitung, zur Systemidentifikation sowie zur multivariaten Datenanalyse präsentiert und angewendet.

**Inhalt / Contents**

Die Veranstaltung behandelt folgende Themen:

- Kurzeinführung in MATLAB bzw. Python
- Signale und Signalarten
- Signaleigenschaften und Kenngrößen
- Signalvorverarbeitung und Signalaufbereitung
- Systemidentifikation / Inverse Verfahren
- Multivariate Datenanalyse

**5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences****Fachkompetenz / Domain competence:**

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

<ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedene Signalarten zu erkennen, zu unterscheiden sowie ihre relevanten Kenngrößen auszuwählen und zu bestimmen.</li> <li>• zu einer gegebenen Fragestellung relevante Methoden zur Signalaufbereitung und Signalanalyse auszuwählen und mittels MATLAB bzw. Python anzuwenden.</li> <li>• Ergebnisse und Aussagen kritisch zu hinterfragen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b> Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse aus verschiedenen Lehrveranstaltungen zur Anwendung bringen.</li> <li>• neu erworbene Kenntnisse und Fertigkeiten fachübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen.</li> <li>• ihr Wissen selbstständig anhand von Literaturquellen erweitern.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100% <i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, CEBA <i>EBA, WGBAET, CEBA</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsteil mit Präsentation und Erarbeitung komplexer Zusammenhänge</li> <li>• Übungsteil mit praktischen Aufgaben zur Lösung am Rechner</li> </ul>

## Modellprädiktive Regelung und konvexe Optimierung

**Modellprädiktive Regelung und konvexe Optimierung**  
*Model predictive control and convex optimization*

<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.11108	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.048.11108 Modellprädiktive Regelung und konvexe Optimierung: 2V + 2Ü (60h / 120h / WP / 50) L.048.11108 Model predictive control and convex optimization: 2L + 2Ex (60h / 120h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<p>Vorkenntnisse aus dem Modul Signal- und Systemtheorie werden erwartet. Idealerweise wird die Veranstaltung parallel zur Regelungstechnik besucht.</p> <p>Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <p><i>Basic knowledge of signal and systems theory is expected. Ideally, the course is taken together with control A.</i></p> <p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die modellpraktive Regelung (MPC) gewinnt für die industrielle Lösung von Regelungsaufgaben immer mehr an Bedeutung. Im Gegensatz zu klassischen Regelungsstrategien erlaubt die MPC nämlich flexible Gütekriterien und eine stringente Einbindung von Zustands- sowie Eingangsbeschränkungen (wie etwa begrenzte Ventilhübe). Ermöglicht wird dies durch die Formulierung der Regelungsaufgabe als Optimalsteuerungsproblem. Die Lehrveranstaltung vermittelt grundlegende Konzepte und Implementierungen der MPC. Damit einher gehen Einblicke in die (konvexe) Optimierung.</p> <p><i>Model predictive control (MPC) is getting more and more important for the industrial solution of control tasks. In contrast to classical control strategies, MPC comes with flexible performance criteria and a direct integration of state and input constraints (e.g., a constrained valve lift). Both features are realized by formulating the control task as an optimal control problem. The course will address basic concepts and implementations of MPCs together with basic insights in convex optimization.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Die Veranstaltung befasst sich mit der modellprädiktiven Regelung (MPC) für lineare zeitdiskrete Systeme mit affinen Zustands- und Eingangsbeschränkungen. Es erfolgt zunächst eine Motivation des Regelungskonzeptes und eine Abgrenzung zu klassischen Regelungsstrategien. Anschließend wird die linear-quadratische Regelung (LQR) besprochen, um ein Gefühl für Zustandsregler und quadratische Gütekriterien zu entwickeln. Darauf aufbauend erfolgt die Einbindung der Beschränkungen und die Formulierung der MPC in Form einer Optimalsteuerungsaufgabe. Für die eingangs beschriebene Systemklasse mündet die Optimalsteuerungsaufgabe in ein quadratisches Programm (QP). Die Lösung derartiger Optimierungsprobleme wird ausgiebig diskutiert. Darüber hinaus werden verschiedene Eigenschaften und Varianten der MPC vorgestellt. Schlagwörter sind in diesem Zusammenhang Stabilität, Sollwertregelung, Trajektorieverfolgung und explizite MPC. Abgerundet werden die theoretischen Resultate durch eine Vielzahl von Beispielen.</p> <p><i>The course deals with model predictive control (MPC) for linear discrete-time systems with affine state and input constraints. We start with a motivation for this specific control scheme and a comparison to classical control strategies. Afterwards, we discuss the linear-quadratic regulation (LQR) to get a feeling for state feedback and quadratic performance criteria. Next, we take the constraints into account and formulate the MPC as an optimal control problem. For the initially described system</i></p>			

class, this results in a quadratic program (QP). The solution of such optimization problems is discussed in detail. Moreover, we will discuss various properties and variants of MPC. In this context, some keywords are stability, setpoint control, tracking control, and explicit MPC.

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

##### Fachkompetenz / Domain competence:

- Grundkenntnisse der modellprädiktiven Regelung
- Handhabung von Zustands- und Eingangsbeschränkungen in Regelungsaufgaben
- Formulierung und Lösung von Optimalsteuerungsaufgaben
  
- *Basic knowledge of model predictive control (MPC)*
- *Handling of state and input constraints within control tasks*
- *Formulation and solution of optimal control problems*

##### Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:

- Grundkenntnisse der konvexen Optimierung (primär der quadratischen Programmierung)
- Lösung konvexer Optimierungsprobleme basierend auf Innere-Punkte-Verfahren und der Analyse aktiver Beschränkungen.
  
- *Basic knowledge of convex optimization (primary quadratic programming)*
- *Numerical solution of convex optimization problems based on interior-point and active-set methods*

#### 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%

*Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%*

#### 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement

Keine / None

#### 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations

Keine / None

#### 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

#### 10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

#### 11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses

EBA, CEBA, WGBAET

*EBA, CEBA, WGBAET*

#### 12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator

Schulze Darup, Moritz, Dr.

#### 13 Sonstige Hinweise / Other notes

Modulseite / Module Homepage

<http://controlsystems.upb.de/home.html>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

Die Vorlesung baut auf Folien in Kombination mit Tafelanschriften auf. Es finden Präsenzübungen mit Übungsaufgaben und Demonstrationen am Rechner statt.

*The course is taught based on slides in combination with writing on the board. There will be exercises and demonstrations with computers.*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Lernmaterialien und Verweise auf weiterführende Literatur werden während der Veranstaltung bereitgestellt.

*Course material and additional literature will be provided during the lecture.*



## II.2 Bachelorarbeit

<b>Bezeichnung</b> <i>Description</i>	<b>Bachelorarbeit</b> <i>Bachelor thesis</i>
Module / <i>Modules</i>	<p>Die konkreten Inhalte der Bachelorarbeit 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 Bachelorarbeiten 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 <i>Type</i>	Wahlpflicht <i>Compulsory elective</i>
Betreuer <i>Advisor</i>	Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts / Academic staff of the institute
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch, Englisch / <i>German, English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	<p>Die Bachelorarbeit 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</p>

	<p>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 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 360 Stunden entspricht und studienbegleitend bearbeitet werden kann.</p> <p><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></p>
<p>Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i></p>	<p>12</p>
<p>Lernziele / <i>Learning objectives</i></p>	<p>Mit der Bachelorarbeit 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 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></p>
<p>Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i></p>	<p>Die Bachelorarbeit wird von zwei Prüfenden bewertet, wobei auch die Abschlusspräsentation des Studierenden zu berücksichtigen ist.</p> <p><i>The bachelor thesis will be assessed by two examiners, also taking into account the final presentation delivered by the student.</i></p>

## Bachelorarbeit

<b>Bachelorarbeit</b> <i>Bachelor thesis</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> A.048.15001	<b>Workload (h)</b> 360	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 12	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
<p>Die konkreten Inhalte der Bachelorarbeit 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 Bachelorarbeiten 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>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Bachelorarbeit 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 basis of sections or pages specified and other objective criteria allowing a clear differentiation.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Lernziele</b>			
Mit der Bachelorarbeit 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.

***Learning Objectives***

*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.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Die Bachelorarbeit wird von zwei Prüfenden bewertet, wobei die Abschlusspräsentation des Studierenden zu berücksichtigen ist.

*The bachelor thesis will be assessed by two examiners, also taking into account the final presentation delivered by the student.*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts / Academic staff of the institute

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

## II.3 Gebiete Fachdidaktik und Bildungswissenschaft / Berufspädagogik

### Vorbemerkungen

Im Rahmen des 2. Studienabschnitts des Bachelorstudiums Elektrotechnik können die fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen/berufspädagogischen Anteile, die in den Zugangsvoraussetzungen zum Masterstudiengang 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.

Die Modulbeschreibungen der Module Berufspädagogik und Kompetenzentwicklung sind der Amtlichen Mitteilung AM53.16 vom 22.07.2016 „Besondere Bestimmungen der Prüfungsordnung für den Bachelorstudiengang Lehramt an Berufskollegs für das bildungswissenschaftliche und berufspädagogische Studium an der Universität Paderborn“ entnommen.

### Modultabelle

Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	ECTS
Nachrichtentechnik	Nachrichtentechnik	5
Schaltungstechnik	Schaltungstechnik	5
Regelungstechnik	Regelungstechnik	5
Ein Modul aus dem Katalog Informationstechnik oder aus dem Katalog Automatisierungstechnik	Je nach gewähltem Modul	6
Fachdidaktik	Je nach gewählter Variante	6
Berufspädagogik	Je nach gewählter Variante	7
Kompetenzentwicklung	Je nach gewählter Variante	11
	Bachelorarbeit	12

### II.3.1 Bildungswissenschaften/Berufspädagogik

#### Kompetenzentwicklung

Kompetenzentwicklung			
<b>Modulnummer / Module number</b> BK 1	<b>Workload (h)</b> 330	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 11	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / winter and summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 2	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
Lehrveranstaltung (Kontaktzeit / Selbststudium)			

**Variante A an der Fakultät für Kulturwissenschaften:**

a) Vorlesung Unterricht und Allgemeine Didaktik (30h / 30h / WPÜ)

b) Veranstaltung zu Kompetenzentwicklung, Diagnose und Förderung WP (30h / 240h davon 80h in Kontakt mit Schule / WP / 50)

inklusive c) Eignungs- und Orientierungspraktikum

oder

**Variante B an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften:**

a) Modul Kompetenzentwicklung für LA BK Vorlesung mit integrierter Übung (75h / 255h davon 80h in Kontakt mit Schule)

inklusive b) Eignungs- und Orientierungspraktikum

**2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module**

Varianten A und B; innerhalb der Varianten je nach aktuellem Angebot der Fakultäten KW und WiWi

**3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements**

Keine / None

**4 Inhalte / Contents****Kurzbeschreibung / Short Description****Inhalt / Contents**

Themen des Moduls sind:

- Kurzüberblick Lernen, Kompetenz und Lerntheorie
- Lernen als Handlung
- Kommunikation und Interaktion
- Kompetenzentwicklung
- Kompetenzdiagnose
- Lebenslanges Lernen
- Strukturen der Bildung und Bezug zur Kompetenzentwicklung
- Grundlagen des selbstgesteuerten Lernens
- Eignungs- und Orientierungspraktikum

**5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences****Fachlich-inhaltliche Ziele:****• Faktenwissen: factual knowledge**

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

**• Methodenwissen: methodic competence**

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.

**• Transferkompetenz: transfer competence**

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.

**• Normativ-bewertendes Wissen: normative competence**

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.

**Spezifische Schlüsselkompetenzen:**

- Problemanalyse
- Informationsrecherche, -aufbereitung und -präsentation
- individuelle Steuerung und Gestaltung des eigenen Kompetenzerwerbs
- Gestaltung von Prozessen in Arbeitsteams
- Integration von Medien als Werkzeuge für die Kompetenzentwicklung

**Eignungs- und Orientierungspraktikum:**

Die Studierenden erwerben die Fähigkeit,

- die Komplexität des schulischen Handlungsfelds aus einer professions-, und systemorientierten Perspektive zu erkunden und auf die Schule bezogene Praxis- und Lernfelder wahrzunehmen und zu reflektieren,
- erste Beziehungen zwischen bildungswissenschaftlichen/berufspädagogischen Theorieansätzen und konkreten pädagogischen Situationen herzustellen,
- erste eigene pädagogische Handlungsmöglichkeiten, insbesondere solche mit dem Ziel des Erwerbs beruflicher Handlungskompetenz, zu erproben und auf dem Hintergrund der gemachten Erfahrung die Studien- und Berufswahl zu reflektieren und
- Aufbau und Ausgestaltung von Studium und eigener professioneller Entwicklung reflektiert zu gestalten.

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulteilprüfung / *Partial modul exams*

**Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Kulturwissenschaften:**

Es ist eine Prüfungsleistung in Form einer Klausur (90-120 Minuten) in der Vorlesung und eine Prüfungsleistung in Form eines Referats (45 Minuten) mit schriftl. Ausarbeitung (12-15 Seiten) oder einer mündlichen Prüfung (20-30 Minuten) in der Veranstaltung zu Diagnose und Förderung zu erbringen. Näheres zur Form und ggf. Dauer gibt die Lehrkraft spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt.

**Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften:**

Es ist eine Prüfungsleistung in Form einer Hausarbeit/ Projektarbeit (20-25 Seiten) oder einer Klausur (90-120 Minuten) zu erbringen. .Zu den Prüfungsleistungen vgl. das Modulhandbuch der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften.

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement***

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations***

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits***

Bestandene Modulteilprüfungen sowie qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen. Zu Formen der qualifizierten Teilnahme vgl. § 42 Besondere Bestimmungen. Näheres zu Form und Umfang bzw. Dauer gibt die Lehrkraft in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt.

**10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade***

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses***

---



<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Fakultät KW: Prof. Dr. Herzig / N.N. Fakultät WW: Prof. Dr. Beutner / Prof. Dr. Kremer / Prof. Dr. Sloane
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Das Modul umfasst Seminare, Übungen, Tutorien und verschiedene Formen des Selbststudiums.</p> <p><b>Bemerkungen / Comments</b></p> <p><b>Gruppengröße</b> Vorlesung: 120 TN; Seminare: 40 TN</p>

## Berufspädagogik

<b>Berufspädagogik</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> BK 2	<b>Workload (h)</b> 210	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 7	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / winter and summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 2	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
<p>Lehrveranstaltung (Kontaktzeit / Selbststudium)</p> <p><b>Variante A an der Fakultät für Kulturwissenschaften:</b> a) Berufliche Bildung als Forschungs- und Praxisfeld inkl. praktische Übungen (45h / 165h davon 60h Praktikumskontakt) b) Berufsfeldpraktikum oder</p> <p><b>Variante B</b> an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften: a) Betriebliche Bildung für LA BK Vorlesung mit integrierter Übung inklusive Methodenreflektion (45h / 165h davon 60h Praktikumskontakt) b) Berufsfeldpraktikum</p>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Varianten A und B; innerhalb der Varianten je nach aktuellem Angebot der Fakultäten KW und WiWi			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p><b>Inhalt / Contents</b> Themen des Moduls sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berufsbildungsforschung (Grundfragen, Analyseperspektiven und -methoden)</li> <li>• Arbeit, Beruf, Beruflichkeit, Berufsformen</li> </ul>			



- Institutionen und Organisationen des Berufsbildungssystem aus historischer und aktueller Perspektive - Duales System - Schulberufssystem - Übergangssystem - Weiterbildungssystem
- Probleme und Reformansätze
- Berufsfeldpraktikum

Zusätzliche Themen in der wirtschaftswissenschaftlichen Variante:

- Ausbildungsordnungen und curriculare Grundlagen
- Methoden betrieblichen Lehrens und Lernens
- Kooperation Schule und Betrieb
- Strategisches Bildungsmanagement
- Strukturen berufliche Erstausbildung und beruflicher Weiterbildung
- Wissenschafts- und Handlungspropädeutik als didaktische Prinzipien  
Fächerverbindendes und fächerübergreifendes Lernen

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

### **Fachlich-inhaltliche Ziele:**

- Faktenwissen: factual knowledge

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

- Methodenwissen: methodic competence

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.

- Transferkompetenz: transfer competence

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.

- Normativ-bewertendes Wissen: normative competence

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 Bedeutsamkeit biographischen Lernens im gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht

### **Spezifische Schlüsselkompetenzen:**

- mehrperspektivisches und analytisches Denken konzeptionelles Verständnis wissenschaftlicher Betrachtungsweisen
- Systemisches Denken

<ul style="list-style-type: none"> <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>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulteilprüfung / <i>Partial modul exams</i></p> <p><b>Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Kulturwissenschaften:</b>  Es ist eine Modulprüfung in Form einer Projektdarstellung mit Kolloquium (ca. 15 Minuten) oder einer Hausarbeit/ Projektarbeit (20-25 Seiten) oder einer mündlichen Prüfung (20-30 Minuten) zu erbringen Näheres zur Form und ggf. Dauer gibt die Lehrkraft spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt.</p> <p><b>Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften:</b>  Es ist eine Modulprüfung in Form Projektdarstellung mit Kolloquium (ca. 15 Minuten) zu erbringen. Zu den Prüfungsleistungen vgl. das Modulhandbuch der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften.</p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / <i>Study achievement</i></b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / <i>Prerequisites for participation in examinations</i></b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / <i>Prerequisites for assigning credits</i></b></p>
<p>Bestandene Modulprüfung sowie qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen. Zu Formen der qualifizierten Teilnahme vgl. § 42 Besondere Bestimmungen. Näheres zu Form und Umfang bzw. Dauer gibt die Lehrkraft spätestens in den ersten drei Wochen der Veranstaltung bekannt.</p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / <i>Weighing for overall grade</i></b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / <i>Reuse in degree courses</i></b></p>
<p>---</p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / <i>Module coordinator</i></b></p>
<p>Fakultät KW: Prof. Dr. Herzig / N.N. Fakultät WW: Prof. Dr. Beutner / Prof. Dr. Kremer / Prof. Dr. Sloane</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / <i>Other notes</i></b></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>  Das Modul umfasst  Variante A: ein Seminar sowie verschiedene Formen des Selbststudiums.  Variante B: Vorlesung mit integrierter Übung, Tutorien und verschiedene Formen des Selbststudiums  Zum Berufsfeldpraktikum vgl. § 39 Abs. 4 Besondere Bestimmungen</p>

**Bemerkungen / Comments****Gruppengröße**

Vorlesung: 120 TN, Seminare: 40 TN

**II.3.2 Fachdidaktik**

## Grundmodul Technikdidaktik

<b>Grundmodul Technikdidaktik</b> <i>Standard Module Didactics of Technology</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.8020	180	6	Winter- und Sommersemester / winter and summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	5	2	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.048.65003 Didaktische Grundlagen der beruflichen Fachrichtungen 2V (30h / 60h / P / 25) 2.) L.048.65001 Theorien, Modelle, Methoden und Medien 2V (30h / 60h / P / 25) 1.) L.048.65003 Teaching Fundamentals of Professional Specialisations 2L (30h / 60h / C / 25) 2.) L.048.65001 Theories, Models, Methods and Media 2L (30h / 60h / C / 25)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Zum Kern der Lehrerausbildung 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>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			

**Fachliche Kompetenzen:**

Studierende sind nach Besuch des Moduls in der Lage,

- Grundlagen des Faches Elektrotechnik zu erklären,
- fachwissenschaftliche Besonderheiten der Elektrotechnik wie die Modellierung, die Darstellung in Ersatzschaltbildern, Funktionsdiagrammen, Flussdiagrammen und Blockschaltbildern sowie Systembetrachtungen in didaktische Konzepte einfließen zu lassen,
- fachliche Konzepte und Methoden zum Lehren und Lernen gegenüberzustellen,
- die vermittelten Methoden zum Lehren und Lernen zu systematisieren und inhalts-, problem- und zielgruppengerecht auszuwählen,
- Ziele, Inhalte und Standards entsprechend dem Ausbildungsziel (Berufsgrundschuljahr, Berufsfachschulen, Höhere Berufsfachschulen, etc.) zu formulieren und zu begründen,
- fachliche Inhalte in didaktischen Kontexten berufsfeldorientiert zu strukturieren und im Rahmen betrieblicher Aufgaben zu bearbeiten,
- Ziele und Inhalte für Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen vor dem Hintergrund betrieblicher Anforderungen zu formulieren und zu begründen,
- transparente Leistungskontrollen für berufsfelddidaktische Konzepte einzusetzen.

**Spezifische Schlüsselkompetenzen:**

Studierende sind nach Besuch des Moduls in der Lage,

- exemplarische Inhalte für heterogene Lerngruppen auszuwählen, zu elementarisieren und curricular anzuordnen,
- geeignete Medien auszuwählen und hinsichtlich ihrer spezifischen Einsatzbedingungen und Wirkungen im Lehr- und Lernprozess zu beurteilen und einzusetzen.

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Modulabschlussprüfung als mündliche Prüfung (Dauer: 30 bis 45 Minuten) oder Hausarbeit (ca. 40.000 Zeichen).

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen als Referat oder Hausaufgabe.

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Bestandene Modulabschlussprüfung sowie qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen.

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

Das Modul wird im Studiengang Lehramt BK Maschinenbautechnik (BA) verwendet.

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Prof. Dr. Katrin Temmen

**13 Sonstige Hinweise / Other notes****Methodische Umsetzung / Implementation**

Das Modul umfasst Vorlesungen sowie Formen des Selbststudiums.

## II.4 Gebiete Optoelektronik und Photonik

### Vorbemerkungen

Im Rahmen des 2. Abschnitts des Bachelorstudiums Elektrotechnik können die quantenmechanischen und optischen Anteile, die in den Zugangsvoraussetzungen zum Masterstudien-gang Optoelektronik und Photonik genannt sind, mit folgender Modulstruktur absolviert werden.

### Modultabelle

Modulbezeichnung	Module /	ECTS
Nachrichtentechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
Schaltungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
Regelungstechnik	1 Pflichtlehrveranstaltung	5
1 Wahlpflichtmodul aus dem Katalog Informationstechnik oder aus em Katalog Mikrosystemtechnik oder aus dem Katalog Automatisierungstechnik	Je nach gewähltem Modul	6
1 Wahlpflichtmodul aus dem Katalog Informationstechnik oder aus em Katalog Mikrosystemtechnik oder aus dem Katalog Automatisierungstechnik	Je nach gewähltem Modul	6
Moderne Optik	Moderne Optik	6
Quantenmechanik	Theoretische Physik C	6
Studium Generale	nach Wahl der Studierenden in nicht-elektrotechnischen Gebieten	6
	Bachelorarbeit	12

### II.4.1 Moderne Optik

#### Moderne Optik

<b>Moderne Optik</b> <i>Modern Optics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.128.85201	180	6	Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	5	1	Deutsch / German

<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>
1.) L.128.15200 Moderne Optik: 4V (60 h / 45 h / P / bis zu 90) 2.) L.128.15200 Moderne Optik: 2Ü (30 h / 45 h / P / bis zu 30) 1.) L.128.15200 Modern Optics: 4L (60 h / 45 h / C / bis zu 90) 2.) L.128.15200 Modern Optics: 2Ex (30 h / 45 h / C / bis zu 30)
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Keine / None
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>
<b>Inhalt / Contents</b> Grundlagen der Wellenoptik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maxwell-Gleichungen und Wellenausbreitung</li> <li>• Brechungsindex, Absorption, Dispersion</li> <li>• Reflexion und Brechung</li> </ul> Geometrische Optik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strahlenoptische Abbildungen (in paraxialer Näherung) von Linsen und Spiegeln</li> <li>• Abbildungsmatrizen</li> <li>• Ausgewählte optische Instrumente (Auge, Lupe, Mikroskop, Fernrohr)</li> <li>• Abbildungsfehler</li> </ul> Interferenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superpositionsprinzip und Interferenzbedingung</li> <li>• Zweistrahl-Interferometer und deren Anwendung</li> <li>• Vielstrahlinterferometer und optische Resonatoren</li> </ul> Beugung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundzüge der Beugungstheorie</li> <li>• Fraunhofer Beugung</li> <li>• Fresnel-Beugung</li> </ul> Zeitliche und räumliche Kohärenz : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohärenz und Young'scher Doppelspalt</li> <li>• Zeitliche Kohärenz und Fourier-Spektroskopie</li> <li>• Räumliche Kohärenz und Michelson Sterninterferometer</li> </ul> Elemente der Fourieroptik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformationseigenschaften einer Linse</li> <li>• Bildentstehung bei kohärenter Beleuchtung</li> </ul> Polarisation und Doppelbrechung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jones-Vektoren und Schwingungsellipse</li> <li>• Stokes-Parameter und Poincaré-Kugel</li> <li>• Lichtausbreitungen in anisotropen Kristallen</li> <li>• Bauteile aus anisotropen Kristallen</li> </ul> Optik geführter Wellen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausbreitung von Wellen in Wellenleitern</li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
Die Studierenden sollen befähigt werden, ein grundlegendes Verständnis für die Konzepte und Anwendungen der (klassischen) Optik zu entwickeln und diese auch in komplexeren Systemen erkennen und anzuwenden. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben die wesentlichen Konzepte und Gesetze der (klassischen) Optik verstanden und können diese in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen,</li> <li>• sind in der Lage, Licht als elektromagnetische Welle zu beschreiben und das Verhalten solcher Wellen zu erklären,</li> <li>• sind befähigt, optische Systeme mit strahlenoptischen Methoden zu analysieren und darauf aufbauend selbstständig einfache optische Systeme zu konzipieren,</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind befähigt, optische Phänomene (wie Interferenz, Beugung, Polarisation, etc.) quantitativ zu beschreiben, und können einfache physikalische Probleme mathematisch formulieren und exakt oder näherungsweise lösen,</li> <li>• haben ein Verständnis entwickelt für moderne optische Prinzipien (wie Fourieroptik, Kohärenz, geführte optische Wellen) und deren Anwendung.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> 1.) Klausur / 120-180 min / 100% 1.) <i>Written Examination</i> / 120-180 min / 100%
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Dr. Harald Hermann
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>

## II.4.2 Quantenmechanik

### Quantenmechanik

<b>Quantenmechanik</b> <i>Quantum Mechanics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.128.84001	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	6	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.128.24000 Theoretische Physik C: 4V (60 h / 45 h / P / bis zu 120)			
2.) L.128.24000 Theoretische Physik C: 2Ü (30 h / 45 h / P / bis zu 30)			



1.) L.128.24000 Theoretical Physics C: 4L (60 h / 45 h / P / bis zu 120) 2.) L.128.24000 Theoretical Physics C: 2Ex (30 h / 45 h / C / up to 30)
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Keine / None
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>
<b>Inhalt / Contents</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe der Quantenmechanik (heuristisch)</li> <li>• Schrödinger-Gleichung</li> <li>• Axiomatik der Quantenmechanik</li> <li>• Harmonischer Oszillator</li> <li>• Zentralfeld</li> <li>• Zeitunabhängige Störungstheorie</li> <li>• Elemente der Atom- und Molekülphysik</li> <li>• Konzeptionelle Fragen der Quantenmechanik</li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
Das Modul dient der Einführung in die grundlegenden Konzepte und Rechenmethoden der Quantenmechanik. Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben ein Verständnis der Schrödinger-Gleichung und der Beschreibung von Zuständen durch Wellenfunktionen,</li> <li>• verfügen über die Fähigkeit zur Lösung eindimensionaler Potentialprobleme und deren Interpretation,</li> <li>• beherrschen den Beschreibungsformalismus und die grundlegenden Näherungs- und Lösungsverfahren der Quantentheorie,</li> <li>• verstehen den Spin als quantenmechanische Eigenschaft,</li> <li>• können dreidimensionale Probleme im Zentralfeld behandeln und die Ergebnisse zum Verständnis atomarer und molekularer Eigenschaften anwenden.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> 1.) Klausur / 120-180 min / 100% 1.) <i>Written Examination</i> / 120-180 min / 100%
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>



Lehramt Physik GyGe, Bachelor Mathematik
--

<b>12 Modulbeauftragte(r) / <i>Module coordinator</i></b>
---

Prof. Dr. Wolf Gero Schmidt, Prof. Dr. Arno Schindlmayr
---

<b>13 Sonstige Hinweise / <i>Other notes</i></b>
--

### III. Module im Masterstudiengang

#### Vorbemerkungen

In dem Masterstudiengang 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. Die 3 Wahlpflichtmodule sind aus 3 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 weiteres Wahlpflichtmodul pro Katalog zu wählen ist. 2 zusätzliche Wahlpflichtmodule sind 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 2\*9 Leistungspunkten oder 1 Projektarbeit im Umfang 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 Masterarbeit im Umfang von 30 Leistungspunkten anzufertigen.

#### Modultabelle

Gebiet	Module	ECTS
Theoretische Elektrotechnik	Theoretische Elektrotechnik	6
Statistische Signale	Verarbeitung statistischer Signale oder Statistical Signal Processing	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog I	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog II	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog III	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
2 Wahlpflichtmodule aus Katalog I oder aus Katalog II oder aus Katalog III	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
Projekt	1 Jahresprojekt oder 2 Semesterprojekte	18
Studium generale	nach Wahl der Studierenden in nicht-elektrotechnischen Gebieten	12
	Masterarbeit	30
<b>Gesamt</b>		<b>120</b>

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

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

### III.1 Gebiet Theoretische Elektrotechnik

#### III.1.1 Theoretische Elektrotechnik

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Theoretische Elektrotechnik Theoretical Electrical Engineering</b>
Module / Modules	Theoretische Elektrotechnik / Theoretical Electrical Engineering
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	Den Studierenden wird ein Verständnis für die elektromagnetischen Vorgänge bei der Wellenausbreitung auf Leiterstrukturen und im Freiraum vermittelt. Im Mittelpunkt stehen insbesondere die mathematische Modellierung von Wellen und deren Eigenschaften, Methoden der analytischen Lösung der Wellengleichung in verschiedenen Anwendungsfällen, Eigenschaften und Anwendungsgebiete der wichtigsten Wellenleiterstrukturen sowie die Möglichkeiten und die prinzipielle Idee von numerischen Lösungsverfahren.

#### Theoretische Elektrotechnik

<b>Theoretische Elektrotechnik Theoretical Electrical Engineering</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.21003	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			

L.048.21003 Theoretische Elektrotechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 100) L.048.21003 Theoretical Electrical Engineering: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 100)
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Keine / None
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p>Die theoretische Elektrotechnik beschreibt die Grundlage aller elektrotechnischen Vorgänge und liefert einen physikalischen Hintergrund für alle Arten von Energieübertragung und - wandlung in elektrotechnischen Systemen sowie die Informationsübertragung durch geführte Wellen und Freiraumwellen. Aufbauend auf grundlegenden Kenntnissen aus dem Bachelorstudium vermittelt diese Veranstaltung ein Verständnis für die physikalische Analyse solcher Systeme.</p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>Die Vorlesung Theoretische Elektrotechnik gliedert sich wie folgt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetition der Grundlagen der Wellenausbreitung</li> <li>• Verluste in Wellenleitern</li> <li>• optische Wellenleiter</li> <li>• planare Leitungen</li> <li>• Kavitäten/Resonatoren und deren Anwendung</li> <li>• Grundlagen der Antennentheorie</li> </ul>
<b>5 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>• elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)</li> <li>• eine geeignete analytische Lösungsmethode zu identifizieren und anzuwenden (Anwenden, Synthetisieren)</li> <li>• die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu bewerten (Evaluieren)</li> <li>• theoretische Modelle zu entwickeln und deren Gültigkeit zu validieren (Synthetisieren, Evaluieren)</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 und Internetnutzung,</li> <li>• erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / Final modul exam</p> <p>Klausur / 120-180 min / 100%</p> <p>Written Examination / 120-180 min / 100%</p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None

<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET <i>EMA, WGMAET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>
<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>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und -mitschriften, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

## III.2 Gebiet Statistische Signale

### III.2.1 Statistische Signale

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Statistische Signale Statistical Signals</b>
Module / Modules	Verarbeitung statistischer Signale / <i>Statistical Signal Processing</i> oder Statistical Signal Processing / <i>Statistical Signal Processing</i>
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Das Modul Statistische Signale vermittelt den Studierenden ein Verständnis für die Bedeutung der beschreibenden und schließenden Statistik für viele Bereiche der Elektrotechnik. Sie festigen ihre Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik und erhalten einen Einblick in die Schätz- und Detektionstheorie, sowie die statistische Zeitreihenanalyse. Darüber hinaus werden Verfahren vorgestellt, mit deren Hilfe aus Daten gewonnene Schätzwerte hinsichtlich statistischer Signifikanz bewertet werden können.</p> <p><i>The module Statistical Signals provides the participants with an understanding of the importance of probability theory and statistics in many areas of Electrical Engineering. After reviewing the basic concepts of probability students will be given an introduction to detection and estimation theory, as well as to statistical time series analysis. Further, techniques will be presented, by which the statistical significance of estimates derived from observed data can be assessed.</i></p>

#### Verarbeitung statistischer Signale

<b>Statistische Signale Statistical Signals</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.210XX	180	6	Wintersemester / <i>winter semester</i>

	Studiensemester / Semester number 1	Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.) 1	Unterrichtssprache / Teaching Language Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.048.21004 Verarbeitung statistischer Signale: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) 2.) L.048.24017 Statistical Signal Processing: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) 1.) L.048.21004 Statistical Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0) 2.) L.048.92004 Statistical Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
1 aus 2 1 of 2			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
1.) Grundkenntnisse in statistischer Signalbeschreibung, wie sie in einem Bachelorstudium Elektrotechnik oder verwandter Disziplinen gelernt werden 2.) Grundvorlesungen der Signaltheorie und Wahrscheinlichkeitsrechnung Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  2.) <i>Undergraduate courses in signal processing and probability</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
1.) Mit der Veranstaltung Verarbeitung statistischer Signale erlangen die Studierenden ein Verständnis für die Bedeutung der beschreibenden und schließenden Statistik für viele Bereiche der Elektrotechnik. Sie festigen ihre Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik und erhalten einen Einblick in die Schätz- und Detektionstheorie, sowie die statistische Zeitreihenanalyse. Darüber hinaus werden Verfahren vorgestellt, mit deren Hilfe aus Daten gewonnene Schätzwerte hinsichtlich statistischer Signifikanz bewertet werden können. Die Kenntnis der Detektions- und Estimationstheorie, sowie der Zeitreihenanalyse, aber auch die kritische Bewertung von experimentellen Ergebnissen sind von essentieller Bedeutung für das Verständnis und die kritische Anwendung moderner Signalverarbeitungsverfahren 2.) Unter "Statistical signal processing" versteht man die Techniken, die Ingenieure und Statistiker benutzen, um unvollständige und fehlerbehaftete Messungen auszuwerten. Diese Veranstaltung beschäftigt sich mit einer Auswahl von Themen aus den wesentlichen Bereichen Detektion, Schätztheorie und Zeitreihenanalyse. 2.) <i>Statistical signal processing comprises the techniques that engineers and statisticians use to draw inference from imperfect and incomplete measurements. This course covers a selection of topics from the major domains of detection, estimation, and time series analysis.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
1.) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zufallsexperiment, axiomatischer Begriff der Wahrscheinlichkeit</li> <li>• Begriff der Zufallsvariablen, Verteilungsfunktion, wichtige Verteilungen diskreter und kontinuierlicher Zufallsvariablen, Zufallsvariablentransformation</li> <li>• Maximum-Likelihood Parameterschätzung, Cramer-Rao Schranke, Konfidenzintervalle</li> <li>• Maximum-a-Posteriori und Neyman-Pearson Entscheidungsregel, Receiver Operating Characteristic, statistische Hypothesentests</li> <li>• Stochastische Prozesse, Stationarität, Ergodizität, Korrelationsfunktion und Leistungsdichtespektrum, weißes Rauschen, Markovketten</li> <li>• Optimalfilter nach Wiener</li> </ul>			

2.) Mögliche Themen dieser Veranstaltung sind Korrelationsanalyse, LMMSE Schätzer, Güteabschätzungen von Parameterschätzfunktionen, Neyman-Pearson Detektoren, im weiteren Sinne stationäre Zeitreihen, nichtstationäre Zeitreihen, periodisch stationäre Zeitreihen und komplexwertige Zufallssignale.

2.) *Topics that may be covered in this course include correlation analysis, linear minimum mean-squared error estimation, performance bounds for parameter estimation, Neyman-Pearson detectors, wide-sense stationary, nonstationary and cyclostationary time series, and complex-valued random signals.*

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

### Fachkompetenz / *Domain competence:*

1.)

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

- Zufällige Größen oder Signale mit Methoden der statistischen Signalverarbeitung zu beschreiben
- Eigenständig Berechnungen bzgl. Ausfallsicherheit, Trefferhäufigkeit etc. durchzuführen
- Selbstständig Schätzverfahren für einfache Parameterschätzprobleme zu entwerfen und anzuwenden
- Statistische Hypthesentests zu konstruieren und auf konkrete Fragestellungen anzuwenden
- Die Randbedingungen für experimentelle Untersuchungen so zu definieren, dass die Ergebnisse zu belastbaren Aussagen führen
- Neu gewonnene experimentelle Daten mit bestehenden Modellen zu vergleichen
- Eine Korrelations- oder Spektralanalyse auf Zeitreihen anzuwenden
- Optimalfilter für gegebene Fragestellungen zu entwerfen

2.) Nach dem Besuch dieser Veranstaltung werden Studenten mit den Grundprinzipien der statistischen Signalverarbeitung vertraut sein. Sie verstehen, wie man Techniken der statistischen Signalverarbeitung in der Elektrotechnik einsetzen kann und sie können diese auf relevante Gebiete (wie z.B. in der Nachrichtentechnik) anwenden. 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.

2.) *After attending this course, students will be familiar with the basic principles of statistical signal processing. They will understand how to apply statistical signal processing techniques to relevant fields in electrical engineering (such as communications). 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.*

### Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications:*

1.)

Die Studierenden

- Können die Methoden zur Beschreibung von Größen und Signalen als Zufallsvariablen bzw. Zufallsprozesse auf verschiedenste Fragestellungen aus dem Bereich der Elektro- und Informationstechnik anwenden.
- Können die Leistungsfähigkeit, aber auch die Grenzen statistischer Methoden in den verschiedenen Anwendungen einschätzen
- Sind sie in der Lage, Ergebnisse experimenteller Untersuchungen aus den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern kritisch zu bewerten und Experimente so zu entwerfen, dass deren Ergebnisse belastbare Aussagen zulassen.
- Können Messergebnisse unter Nutzung moderner Programmsysteme auswerten
- Können in einer Gruppe umfangreichere Aufgabenstellungen gemeinsam analysieren, in Teilaufgaben zerlegen und lösungsorientiert bearbeiten

## 6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

1.) Klausur / 120-180 min / 100%

2.) Klausur oder Mündl. Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%



1.) <i>Written Examination / 120-180 min / 100%</i> 2.) <i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA <i>EMA, WGMAET, CEMA</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr. –Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> 1.) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner</li> <li>• Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig ein experimentelles Setup entwickeln und implementieren, sowie statistische Analysemethoden auf die gewonnenen Ergebnisse anwenden</li> </ul> 2.) Vorlesung und Übung <i>2.) Lectures and tutorials</i>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> 1.) Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Bereitstellung der Übungsaufgaben samt Musterlösungen und Beispielimplementierungen in Matlab Weitere Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• N. Henze, Stochastik für Einsteiger, 8. Auflage, Vieweg-Teubner Verlag, 2010</li> <li>• E. Hänsler, Statistische Signale --- Grundlagen und Anwendungen, 3. Auflagen, Springer, 2001</li> <li>• S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing --- Estimation Theory, Prentice Hall, 1993</li> <li>• J. L. Mela, D. L. Cohn, Decision and Estimation Theory, McGraw-Hill, Kogakusha, 1987.</li> <li>• A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 2. Ausgabe, McGraw-Hill, New York, 1984.</li> </ul> 2.) Literaturangaben werden in der ersten Vorlesung gegeben. <i>2.) Literature references are given in the first lecture.</i>

### III.3 Kataloge der Wahlpflichtmodule

#### III.3.1 Energie und Umwelt

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Energie und Umwelt <i>Energy and Environment</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauelemente der Leistungselektronik</li> <li>• Leistungselektronik</li> <li>• Messstochastik</li> <li>• Solar Electric Energy Systems</li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge</li> <li>• Intelligent Control of Electrical Grids</li> <li>• Elektronische Stromversorgungen</li> <li>• Mensch-Haus-Umwelt</li> <li>• Umweltmesstechnik</li> <li>• Energy Transition</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Die Auseinandersetzung mit Themenfeldern, die nicht von einer Fachdisziplin alleine gelöst werden können stellt einen zentralen Bestandteil der Ingenieurstätigkeit dar. Die Module im Katalog Energie und Umwelt bieten nicht nur zielgerichtete Wissensvermittlung im Themenfeld, sondern gerade auch die Vermittlung von „Handwerkszeug“ zur Auseinandersetzung mit interdisziplinären Aufgabenstellungen.</p> <p>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.</p>

## Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeug

<b>Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge</b> <i>Drives for Environmentally Compatible Vehicles</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22001	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22001 Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.22001 Drives for Environmentally Compatible Vehicles: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine, die über die mit einem Bachelorabschluss an einer universitären Einrichtung erworbenen Kenntnisse in Elektrotechnik hinausgehen. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Gegenstand der Lehrveranstaltung sind innovative Antriebssysteme für Straßen- und Schienenfahrzeuge (Elektrofahrzeug, Brennstoffzellenfahrzeug, Hybridfahrzeug). Hierbei steht der Fahrzeugantrieb mit dem systemtechnischen Zusammenwirken der beteiligten Komponenten im Mittelpunkt. Die wesentlichen Charakteristika der beteiligten Antriebskomponenten werden betrachtet. Dies geschieht aber aus dem Blickwinkel des Zusammenspiels der Komponenten auf Systemebene. Die Vertiefung der technologischen Details bleibt den entsprechenden Spezialveranstaltungen vorbehalten. Ziel dieser Lehrveranstaltung ist es, den Teilnehmern ein Grundverständnis der wichtigsten beteiligten Aggregate, vor allem aber ein Systemverständnis zu vermitteln, so dass sie in die Lage versetzt werden, neuartige Antriebe zu bewerten und nach Verbrauch, Wirkungsgrad, Aufwand usw. zu quantifizieren bzw. ein solches System auslegen und bemessen zu können.			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementare Fahrdynamik (Kräfte, Bewegungsgleichungen, Kraftschluss)</li> <li>• Energiespeicher (Treibstoffe, Schwungräder, Batterien, Superkondensatoren)</li> <li>• Elektromotoren und Umrichter (Asynchronmotor, Permanent-Magnet-Motor)</li> <li>• Verbrennungsmotoren (Drehmoment-Drehzahl-Verhalten, Wirkungsgrade, Kennfelder)</li> <li>• Brennstoffzelle (Wirkungsweise, Betriebseigenschaften)</li> <li>• Strukturen elektrischer und hybrider Antriebe (Elektroantriebe, dieselelektrische Antriebe, Serien- Parallel-, Split-Hybrid, Brennstoffzellenfahrzeug)</li> <li>• Systemverhalten und Betriebsstrategien</li> <li>• Beispiele von Straßen- und Schienenfahrzeugen</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b>			
Die Studenten			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die wichtigsten Strukturelemente elektrischer und hybrider Antriebssysteme</li> </ul>			

- kennen die Grundstrukturen elektrischer und hybrider Antriebssysteme
- können verschiedene Antriebsstrukturen bewerten und vergleichen
- können quantitative Analysen und Bewertungen durchzuführen
- können Systeme und Komponenten nach vorgegebenen Spezifikationen auslegen
- verstehen die Gesamtzusammenhänge der Energieversorgungsketten

### Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

Die Studenten

- lernen, technische Details aus einer Gesamtsystemsicht zu betrachten und zu relativieren
- lernen, technische Problemstellungen in einen gesellschaftlichen Gesamtzusammenhang einzuordnen
- erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen
- erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung

### 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

### 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement*

Keine / *None*

### 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*

Keine / *None*

### 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

### 10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

### 11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, MA LABKET

*EMA, WGMAET, MA LABKET*

### 12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.

### 13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

**Modulseite / *Module Homepage***

<http://www.lea.upb.de>

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

Die Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die sowohl die theoretischen Konzepte vermittelt als auch stets Anwendungsbeispiele aufzeigt. In den Übungen wird der Stoff anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden. Ein Teil der Übungen findet als Rechnerübungen im Computerraum statt. Die Studenten arbeiten zu einzelnen Themen Referate aus und tragen sie der Gruppe vor.

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

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

## Intelligent Control of Electrical Grids

### Intelligent Control of Electricity Grids

#### *Intelligent Control of Electricity Grids*

<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22002	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22002 Intelligent Control of Electricity Grids: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.22002 Intelligent Control of Electricity Grids: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CW / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamische Eigenschaften wichtiger Energiewandler auch und gerade im Zusammenspiel mit dem Netz</li> <li>• Klassische Regelungen von Insel- und Verbundnetzen sowie</li> <li>• Zukünftige Anforderungsprofile an eine automatisierte Netzführung mit dezentralen Einspeisern</li> <li>• Optimale wirtschaftliche Lastverteilung</li> <li>• Beschreibungen der Netze für den Einsatz in automatisierten Netzleitzentren</li> <li>• Schätzung der Systemzustände mit Hilfe linearer und nichtlinearer Methoden (State Estimation)</li> <li>• Schätzung der Systemzustände beruht auf Messungen:</li> <li>• Möglichkeiten grob falsche Messfehler zu erkennen und zu beseitigen</li> <li>• besonderen Fragestellungen im Umfeld der Thematik</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• In dieser Veranstaltung lernen die Studierenden die Probleme heutiger sowie die Zielsetzungen und Anforderungen zukünftiger automatisierter Energieversorgungssysteme kennen. Dazu werden spezielle, repräsentative Fragestellungen exemplarisch herangezogen, mit denen wichtige Probleme auch zukünftiger Netze diskutiert werden können.</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>Tagesaktuelle Ereignisse in und um die "Automatisierung elektrischer Netze" werden selbstverständlich zur Einschätzung der Lehrinhalte diskutiert.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Fette, Michael, Dr. –Ing. habil.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>

## Elektronische Stromversorgungen

<b>Elektronische Stromversorgungen</b> <i>Switched Mode Power Supplies</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungs- punkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.22004, M.048.92031	180	6	Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiense- mester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Dura- tion (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22004 Elektronische Stromversorgungen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92031 Switched Mode Power Supplies: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			

### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert.

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*Knowledge from lecture Power Electronics is desirable.*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

### 4 Inhalte / Contents

#### Kurzbeschreibung / Short Description

Die Vorlesung behandelt grundlegende potentialtrennende Schaltungstopologien elektronischer Stromversorgungen sowie deren Modellbildung und Regelung.

*The course covers basic circuit topologies of electronic power supplies with electric isolation and their modeling and control.*

#### Inhalt / Contents

- Grundsaltungen potentialtrennender Gleichstromrichter
- Transformatoren, gekoppelte Spulen, Filter- und Schwingkreiskomponenten
- Resonanztechnik für verlustarmes Schalten
- Regelungstechnische Modellierung von Schaltnetzteilen
- Netzgleichrichter mit sinusförmiger Stromaufnahme: Leistungsteil und Regelungskonzepte
  
- *Basic circuits of isolated DC-DC power converters*
- *Transformers, coupled inductors, filters and resonant tanks*
- *resonant technique for low loss switching*
- *control design for switched mode power supplies*
- *rectifiers with sinusoidal current shape: power stage and control concepts*

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

#### Fachliche Kompetenzen

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

- leistungselektronische Schaltungen in Abhängigkeit von der Betriebsart zu analysieren und die Anforderungen an Bauteile zu definieren
- Topologien und Schalttechniken zu vergleichen und die Eignung einer Schaltung für bestimmte Anwendungen zu bewerten
- Schaltungen und Regelungen mittels verschiedener Verfahren zu modellieren

#### Fachübergreifende Kompetenzen

Die Studierenden

- erlernen eine schaltungsbezogene Sichtweise und können die Anforderungen an Bauteile festlegen
- erweitern ihre Kenntnisse zur rechnergestützten Schaltungs- und Reglerauslegung
- können die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen; dazu wird eintägige praktische Übung angeboten

#### Professional Competence

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

- *to analyse power electronic circuits according to mode of operation and component requirements*
- *to compare technologies and switching techniques and to evaluate their ability for specific applications*
- *to model circuit and control by special procedures*



<p><b>(Soft) Skills</b></p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn a circuit related view and the ability to define component requirements</li> <li>• improve their skills in computer-based control modelling</li> <li>• extend their competence by self study; a one-day practical education will be offered therefore</li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p> <p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p> <p>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p> <p>Fröhleke, Norbert, AD, Dr.-Ing.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p> <p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung</li> <li>• Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum)</li> <li>• eintägiges Praktikum in der letzten Vorlesungswoche (Aufbau eines Schaltnetzteils)</li> <li>• <i>lecture</i></li> <li>• <i>exercise</i></li> <li>• <i>one-day practical course in the last week of lecture periode (assembly of a switched mode power supply)</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.  <i>Lecture slides and skript, further literatur will be announced in lecture.</i></p>



## Mensch-Haus-Umwelt

<b>Mensch-Haus-Umwelt</b> <i>Men-House-Environment</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i> M.048.22007	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i> 6	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i> 1	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur /</b> <i>Module structure</i>			
L.048.22007 Mensch-Haus-Umwelt: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.22007 Men-House-Environment: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls /</b> <i>Options within the module</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen /</b> <i>Admission requirements</i>			
Außer den üblicherweise im Rahmen der B. Sc. erworbenen Kenntnissen sind keine weiteren Vorkenntnisse erforderlich. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. - <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte /</b> <i>Contents</i>			
<b>Kurzbeschreibung /</b> <i>Short Description</i> Die unterschiedlichen Bilanzierungsebenen von Energie und ihre jeweilige Aussagekraft. Berechnungsverfahren zur Energieintensität von Produkten unter Berücksichtigung einer ganzheitlichen Bilanzierung der Produktlebenszyklen. Mechanismen und Potentiale des rationellen Energieeinsatzes am Beispiel des Bereiches Bauen und Wohnen. -			
<b>Inhalt /</b> <i>Contents</i> Die Veranstaltung Mensch-Haus-Umwelt behandelt die ganzheitliche Betrachtung von Energiebedarfelementen bei der Errichtung und Nutzung bis hin zum Abriss von Bauwerken (inkl. der Herstellung der Baumaterialien). Die Mechanismen zur energetischen Bilanzierung werden grundsätzlich erarbeitet und ihre Anwendung so vertieft, dass sie auf andere Lebenszyklusbetrachtungen (Produkte, Fertigungskomponenten, usw.) übertragbar sind. -			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen /</b> <i>Learning outcomes and competences</i>			
<b>Fachliche Kompetenzen /</b> <i>Professional Competence</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Vielschichtigkeit der in der Regel als selbstverständlich hingenommenen Versorgung mit Energie soll vermittelt werden. Ein zentraler Punkt hierbei ist das in der Regel vernachlässigte gesamtenergetische Vorgehen bei Bilanzierungen.</li> <li>• Das Zusammenwirken ökologischer, ökonomischer und soziologischer Faktoren bei der Nutzung der Umwelt als Lebensraum soll herausgearbeitet werden.</li> </ul>			
<b>Fachübergreifende Kompetenzen /</b> <i>(Soft) Skills</i>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Veranstaltung soll neben den fachlichen Kompetenzen zusätzlich - durch die intensiven Zusammenarbeit in der Übungsphase - zu späterem projektbezogenen Arbeiten befähigen. Ein wichtiger Aspekt ist die Durchmischung der Fähigkeiten, die die Studierenden der verschiedenen Disziplinen durch ihre Ausbildung "mitbringen".</li> </ul> <p>-</p>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100% <i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Prior, Dirk, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.nek.upb.de/lehre/projektarbeiten/mensch-haus-umwelt">http://www.nek.upb.de/lehre/projektarbeiten/mensch-haus-umwelt</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Im Rahmen der in Form einer Frontalvorlesung angebotenen Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den Grundlagen und den Berechnungsverfahren vertraut gemacht, die dann im Rahmen der Übungen vertieft werden. -
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Zur Veranstaltung wird ein umfassendes Skript zur Verfügung gestellt in dem gezielt weitere Quellen zur Vertiefung benannt sind. - Zur Veranstaltung wird ein umfassendes Skript zur Verfügung gestellt in dem gezielt weitere Quellen zur Vertiefung benannt sind.

## Umweltmesstechnik

<b>Umweltmesstechnik</b> <i>Environmental monitoring and measuring technologies</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22010	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22010 Umweltmesstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 50) L.048.22010 Environmental monitoring and measuring technologies: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die immer intensivere Nutzung natürlicher Ressourcen führt zur zunehmenden Belastung der Umwelt. Im Rahmen dieser Lehrveranstaltung wird die Problematik an Hand ausgewählter Wirkungsmechanismen bezogen auf die Wirkungsorte bzw. Lebensräume beispielhaft behandelt. Die jeweils relevanten Messgrößen werden charakterisiert und die zur Bestimmung geeigneten Messprinzipien und -verfahren beschrieben. Speziell konzentrieren sich die Ausführungen auf die messtechnische Bestimmung der Kontamination und Überwachung von Luft, Gewässer und Böden.</p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Vorlesung Umweltmesstechnik behandelt folgende Themen:</li> <li>• gesetzlicher Rahmen des Umweltschutzes</li> <li>• Bedeutung und Aufgaben der Umweltmesstechnik</li> <li>• Erläuterung der Wirkungsmechanismen bei der immer intensiveren Nutzung natürlicher Ressourcen sowie des steigenden Gefährdungspotentials durch den Einsatz von Hochtechnologien</li> <li>• Chemosensorik und Probenpräparation</li> <li>• Messprinzipien und Messverfahren der Umweltmesstechnik</li> <li>• Optoden und optische Mess- und Analysentechnik</li> <li>• Sensoren für die Flüssigkeitsanalyse</li> <li>• Sensoren für die Gasanalyse</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>			
<p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Wirkungsmechanismen bei zunehmenden Umweltproblemen zu analysieren und zu verstehen,</li> <li>• für ausgewählte Messaufgaben unter Berücksichtigung der konkreten Messbedingungen geeignete Messprinzipien bzw. Messtechnik auszuwählen,</li> </ul>			

- Messergebnisse zu charakterisieren und zu interpretieren.

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,
- können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,
- sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Mündl. Prüfung / 0min / 100%

*Oral Examination / 0min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://emt.upb.de>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge
- Praktische Arbeit in Gruppen mit Messtechnik im Labor

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

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

## Energy Transition

<b>Energy Transition</b> <i>Energy Transition</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22014, M.048.92034	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22014 Energy Transition: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.22014 Energy Transition: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Mit dem Versiegen fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Erdgas und dem Auslaufen der Atomprogramme vieler Länder, stellt die Notwendigkeit eine Energiestruktur basierend auf erneuerbaren Energien mit fluktuierender Abgabeleistung aufzubauen, ein große Herausforderung für das Elektroingenieurwesen dar. Diese Vorlesung nimmt sich dieser Herausforderung an und erklärt die Funktionsweise und Performanceparameter von allen Arten erneuerbarer Energiewandler, ihre Verfügbarkeit, Zusammenwirken und Anpassungsmöglichkeiten an Verbrauchsstrukturen. Umgekehrt werden die Anpassungsmöglichkeiten der Lastkurven an die Verfügbarkeit der Energiequellen präsentiert, einschließlich neuer Konzepte, wie z.B. dezentrale Erzeugung, Speicherung und Energiemanagement.</p> <p><i>With the depletion of fossil energy resources such as coal, oil, gas and the shut-down of the nuclear programs in many countries, the necessity to set-up an energy structure based on renewable energies with often fluctuating power output is a vast challenge for electrical engineering. This lecture faces that challenge explaining the functioning and performance parameters of all types of renewable energy conversion devices, their availability, interaction and adaptability to load structures. Vice versa, the adaptability of load curves to the availability of the energy sources shall be presented, including new concepts, e.g. decentralized generation, storage and energy management.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bestehende Energiestruktur: Geschichte, Entwicklung</li> <li>2. Komponenten &amp; Systeme: Erzeugung, Transport, Verbrauch</li> <li>3. Merkmale erneuerbarer Energien: Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie, Biomasse, Geothermie</li> <li>4. Individuelle und kombinierte Verfügbarkeit und Performance</li> <li>5. Energiemanagement, Smart-Grid, Einbezug von Verkehr und Lastanpassung.</li> <li>6. Speicherung: Typen, Leistung, Lebensdauer, Kosten</li> <li>7. Neue Konzepte zur Kostenminimierung: dezentrale, autonome und semi-autonome Systeme, Schwarmkonzepte</li> <li>8. Geographische Unterschiede: Lokale Ressourcen, Potenziale, Laststrukturen</li> <li>9. Legislative Fragen: Zugangsbedingungen zum Netz, Spot-Markthandel für Strom</li> <li>10.-12. Ausflüge zu integrierten Projektbeispielen (z.B. Höxter, Bremerhaven, Kassel, Herne)</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Existing energy structures: History, development</i></li> <li>2. <i>Present components &amp; systems: generation, transport, consumption</i></li> </ol>			

3. Characteristics of renewable energy sources: hydro, wind, solar, biomass, geothermal
4. Individual and combined availability and performance
5. Energy management, transport (smart grid) and storage necessities
6. Storage devices and concepts: types, performance, costs
7. New concepts to minimize costs: decentralized, autonomous and semi-autonomous systems, swarm concepts, demand side management
8. Geographical differences: Local resources, potentials, load structures
9. Legislative issues: access to grid & electricity spot-market
- 10.-12. Excursions to integrated project examples (Höxter, Bremerhafen, Kassel, Herne)

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachkompetenz / Domain competence:

Die Studierenden sollten nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage sein, die Implikationen, Notwendigkeiten und Eigenschaften einer neuen Energieversorgungsstruktur (Energiesystem 2.0) basierend auf erneuerbaren Energien, Speichern und Lastmanagement, mit allen Komponenten zu verstehen und anzuwenden.

*After completing the course the students should in a position to: understand the implications, necessities and properties of an energy supply system (energy system 2.0) based on the combination of different renewable energy sources, distribution, storage, demand side management and be familiarized with the components, its specific characteristics and parameters.*

### 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.

*The students*

*are enabled to apply the knowledge and skills across disciplines*

*are enabled to use method-oriented approaches for the implementation of sustainable energy supply*

*are enabled to educate themselves in the future*

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%

*Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%*

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement

Keine / None

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations

Keine / None

## 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

## 10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing. habil.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a>
<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>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009. Michel Crape: Electric Power Systems. John Wiley & Sons, 2008. Magdi S. Mahmoud: Decentralized Systems with Design Constraints. Springer: Berlin Heidelberg, New York, 2011. Hermann Scheer, The Energy Imperative, 100 Percent Renewable Now. Routledge, 2011. Hermann Scheer: Energy Autonomy. Earthscan/James & James, 2006. Geert Verbong, Derk Loorbach: Governing the Energy Transition - Reality, Illusion or Necessity?, Routledge, 2012
<b>Bemerkungen / Comments</b> Exkursion <i>Excursion</i>

### III.3.2 Kognitive Systeme

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Kognitive Systeme / <i>Cognitive Systems</i>
Module / <i>Modules</i>	<p>Sommersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digital Image Processing II</li> <li>• Biomedizinische Messtechnik</li> <li>• Robotik</li> <li>• Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel</li> <li>• Statistische Lernverfahren und Mustererkennung</li> </ul> <p>Wintersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen</li> <li>• Digital Image Processing I</li> <li>• Kognitive Sensorsysteme</li> <li>• Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel</li> <li>• Advanced Topics in Robotics</li> <li>• Fahrerassistenzsysteme</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	Durch die im Katalog angebotenen Module 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.

Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen

Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen <i>Topics in Pattern Recognition and Machine Learning</i>			
<b>Modulnummer / <i>Module number</i></b> M.048.23018, M.048.92030	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / <i>Credits</i></b> 6	<b>Turnus / <i>Regular cycle</i></b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / <i>Semester number</i></b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / <i>Duration (in sem.)</i></b> 1	<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b> Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur / <i>Module structure</i></b>			



L.048.23018 Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92030 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Vorkenntnisse aus dem Modul Statistische Signale. Wünschenswert, aber nicht notwendig sind Kenntnisse aus dem Modul Statistische Lernverfahren und Mustererkennung

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*Elementary knowledge in Probability Theory, as is taught in the module Statistical Signal Processing. Desirable, but not mandatory: knowledge in the field of statistical learning and pattern recognition*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

In der Veranstaltung **Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen** werden zunächst die Grundkonzepte der Mustererkennung und des maschinellen Lernens kurz zusammengefasst. Anschließend werden ausgewählte Themen behandelt. Die Auswahl orientiert sich dabei an aktuellen Forschungsthemen und variiert von Jahr zu Jahr. Beispiele für solche Themen sind

- Schätzung von Modellen mit verborgenen Variablen, um eine in den Daten vermutete zugrundeliegende innere Struktur zu entdecken
- Bias-Varianz Dilemma und Abtausch von Detailgenauigkeit der Modelle und Generalisierungsfähigkeit
- Grafische Modelle
- Sequentielle Daten und hidden Markov Modelle
- Spezielle Klassifikationsaufgaben (z.B. automatische Spracherkennung)

Während der erste Teil der Veranstaltung aus dem üblichen Vorlesungs-/Übungsschema besteht, werden die Studenten im zweiten Teil aktuelle Veröffentlichungen lesen, analysieren und präsentieren. Dies kann häufig auch die Realisierung von Algorithmen in Matlab umfassen.

*The course on **Topics in Pattern Recognition and Machine Learning** first briefly summarizes the main concepts of statistical pattern recognition and machine learning. Next selected topics will be presented in detail. The choice of topics depends on current research activities and thus may change over time. Examples of such topics to be studied in detail include*

- *Model estimation in the presence of hidden variables, in order to reveal suspected latent structure buried in the data*
- *Bias-Variance dilemma and the tradeoff between degree of detail and generalizability of models*
- *Grafical models*
- *Sequential data and hidden Markov models*
- *Specific classification tasks, such as automatic speech recognition*

*While the first part of the course will follow a regular lecture format, the second part will include active student participation. Students will be asked to read, analyze and present recently published papers from the pattern recognition and machine learning literature. This will often also include the implementation of proposed algorithms in Matlab.*

### Inhalt / Contents

- Grundlagen der statistischen Mustererkennung: Bayes'sche Regel, Lernen von Verteilungsdichten, lineare Modelle für Klassifikation und Regression, Kernelmethoden
- EM-Algorithmus für Maximum-Likelihood und Bayes'sche Schätzung
- Modelle mit diskreten und kontinuierlichen verborgenen Variablen: GMM, NMF
- Bias-Varianz Dilemma und Modellwahl

- Grafische Modelle
- Hidden Markov Modelle mit Anwendungen in der Spracherkennung
- Aktuelle Veröffentlichungen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen

- *Fundamentals of statistical pattern recognition: Bayes rule, learning of class-conditional densities, linear models for classification and regression*
- *EM Algorithm and extensions thereof*
- *Models with discrete or continuous latent variables; GMM, NMF*
- *Bias-Variance dilemma and model selection*
- *Graphical models*
- *Hidden Markov models and their application in speech recognition*
- *Recent publications in pattern recognition and machine learning*

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

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

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

- Für ein vorgegebenes Mustererkennungsproblem einen geeigneten Klassifikator auszuwählen und zu trainieren
- Für ein gegebenes Regressionsproblem eine geeigneten Ansatz auswählen und die Parameter auf Trainingsdaten zu erlernen
- Nach in Daten verborgener Struktur mit Methoden des maschinellen Lernens zu suchen
- Eine geeignete Wahl für ein Modell treffen, welches einen guten Kompromiss zwischen Detailgrad und Verallgemeinerungsfähigkeit darstellt
- Aktuelle Veröffentlichungen aus dem Bereich der Mustererkennung und des maschinellen Lernens zu verstehen, zu analysieren und zu bewerten

*After completion of the course students will be able to*

- *Choose an appropriate classifier for a given classification problem and be able to learn the parameters of the classifier from training data*
- *Choose an appropriate regression method for function approximation and learn its parameters from training data*
- *Search for latent variables and structure in given data*
- *Make an informative choice for the model order to find a good compromise between degree of detail and generalizability*
- *Comprehend and analyze recent publications from the field of pattern recognition and machine learning*

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

Die Studierenden

- Haben ein Verständnis für die Bedeutung der Wahl der Modellordnung auf die Güte der Klassifikation und Regression
- Haben ein Verständnis dafür, dass man bei der Suche nach verborgenen Variablen von a priori Annahmen ausgeht, die das Ergebnis stark beeinflussen können
- Sind in der Lage, sich eigenständig in den Stand der Forschung in Teilgebieten der Mustererkennung und maschinellen Lernens durch Literaturrecherche und –studium einzuarbeiten
- Können Veröffentlichungen aus diesem Bereich in einen größeren Kontext einordnen
- Können die in diesem Kurse gewonnenen Kenntnisse und Fertigkeiten auf andere Disziplinen übertragen

*The students*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Have gathered an understanding of the importance of the chosen model order on the outcome of classification and regression tasks</i></li> <li>• <i>Are aware of the impact of a priori assumptions on the result of latent variable and structure discovery in data</i></li> <li>• <i>Are able to autonomously gain expertise in a certain field of pattern recognition by conducting a literature survey</i></li> <li>• <i>Can gauge the importance of a given publication for the state of the art in a field</i></li> <li>• <i>Are able to apply the knowledge and skills learnt in this course to a wide range of disciplines</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</p> <p><i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b></p> <p><a href="http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/topics-in-pattern-recognition-and-machine-learning/">http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/topics-in-pattern-recognition-and-machine-learning/</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner</li> <li>• Anleitung, wie aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen zu analysieren sind und anschließend eigenständige Einarbeitung in Fachliteratur durch die Studierenden</li> <li>• Präsentation von aktuellen Veröffentlichungen durch die Studierenden</li> <li>• <i>Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, occasional presentations of (powerpoint) slides ,</i></li> <li>• <i>Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer</i></li> </ul>

- *Instructions how to read and analyze scientific publications in this field*

*Autonomous analysis of publications and presentation of results and gained insight*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

- R.O. Duda, P.E. Hart, D.G.~ Stork, Pattern Classification, Wiley, 2001
- K. Fukunaga, Introduction to Statistical Pattern Recognition, Academic Press, 1990
- C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006

## Digital Image Processing I

<b>Digital Image Processing I</b> <i>Digital Image Processing I</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23002, M.048.92008	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23002 Digital Image Processing I: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92008 Digital Image Processing I: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Veranstaltung "Digital Image Processing I" stellt ein Basismodul im Katalog "Kognitive Systeme" im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar. Die Veranstaltung gibt eine grundlegende Einführung in die Digitale Bildverarbeitung. <i>The course "Digital Image Processing I" is a fundamental module in the catalog "Cognitive Systems" of the Electrical Engineering Master's program and related courses of studies.</i> <i>The course provides a fundamental introduction to digital image processing.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen (Koordinaten, Bilddatentypen, menschliche Wahrnehmung, Licht und elektromagnetisches Spektrum)</li> <li>• Bildaufnahme (Abtastung, Quantisierung, Aliasing, Nachbarschaften)</li> <li>• Bildverbesserung im Ortsraum (Transformationen, Histogramme, arithmetische und logarithmische Operationen, spatiale Filter allgemein, Glättungsfiler, Kantenfilter)</li> <li>• Bildverbesserung im Frequenzraum (Fouriertransformation, Glättungsfiler, Kantenfilter)</li> <li>• Bilddatenkompression und -reduktion (Grundlagen, Kompressionsmodelle, Informationstheorie, Kompressionsstandards)</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Basic principles (coordinates, types of image data, human perception, light and electromagnetic spectrum)</i></li> <li>• <i>Image acquisition (sampling, quantization, aliasing, neighborhoods)</i></li> <li>• <i>Image enhancement in the spatial domain (transformations, histograms, arithmetic and logarithmic operations, spatial filters in general, smoothing filters, edge filters)</i></li> <li>• <i>Image enhancement in the frequency domain (Fourier Transform, smoothing filters, edge filters)</i></li> <li>• <i>Compression and reduction of image data (basic principles, compression models, information theory, compression standards)</i></li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, die Grundlagen der Bildgenerierung und der Bilddigitalisierung zu beschreiben und</li> <li>• können Methoden zur Bildverbesserung im Orts- und Frequenzraum, zur Bildsegmentation und zur Bilddatenreduktion selbstständig für komplexe Bildbearbeitungsaufgaben auswählen, implementieren, testen und anwenden.</li> </ul> <i>The students</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>are able to describe the basics of image generation and image digitization and</i></li> <li>• <i>are able to select, implement, test and apply methods for the enhancement of images in the spatial and frequency domain, image segmentation and data reduction independently for complex image processing tasks.</i></li> </ul> <b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b> Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in C und C++. <i>The students have a good command of programming in the C language and C++.</i>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>

Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I</a>
<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 Bildverarbeitungsalgorithmen 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 methodic 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 image processing 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>Lernmaterialien, 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 I (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: 978-013168728</li> <li>Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7.Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514</li> </ul>

## Kognitive Sensorsysteme

<b>Kognitive Sensorsysteme</b> <i>Cognitive Sensor Systems</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23006	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23006 Kognitive Sensorsysteme: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.23006 Cognitive Sensor Systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			

Keine / None

#### 4 Inhalte / Contents

##### **Kurzbeschreibung / Short Description**

Im Bereich der Informationsverarbeitung sind oft große Datenmengen zu verarbeiten und hieraus entsprechendes Wissen zu extrahieren. Homogene oder heterogene Sensorsysteme dienen als Informationsquellen. Oft werden Objekteigenschaften auch verbal beschrieben. Eine Daten reduzierende Verarbeitung stellt neues und präziseres Wissen bereit. Eine Synergie der Messinformation mehrerer Sensoren zur Lösung einer Detektions, Klassifikations oder Identifikationsaufgabe erweitert die Wahrnehmungsfähigkeit erhöht die Glaubwürdigkeit und damit die Betriebssicherheit. Methoden der multivariaten Datenanalyse und Anwendung künstlicher neuronaler Netze sind hierbei wichtige Hilfsmittel.

##### **Inhalt / Contents**

Die Vorlesung Kognitive Sensorsysteme behandelt folgende Themen:

- Motivation und Begriffe
- Informationsfusion, Sensorintegration und Datenfusion.
  - o Beispiel: Umfeldwahrnehmung (Kfz, Robotik)
- Hauptkomponentenanalyse (PCA)
  - o Mathematische Grundlagen
  - o Herleitung der PCA
  - o Datenreduktion, -rekonstruktion
  - o Beispiel: Farbbestimmung aus Spektralwerten
- Künstliche neuronale Netze (KNN)
  - o Mehrlagiges Perzeptron-Netzwerk
  - o Strukturen, Back Propagation-Algorithmus, Lernstrategien
  - o Mustererkennung, Interpolation
  - o Beispiel: Elektrische-Impedanz-Tomografie (EIT)

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

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

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

- komplexe Aufgaben aus dem Bereich Multivariante Datenanalyse zu analysieren und zu beurteilen sowie eigene Lösungen zu entwickeln,
- Künstlicher Neuronaler Netze sowohl zur Mustererkennung, als auch zur Lösung von Interpolationsaufgaben (indirekte Messung) einzusetzen.

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

Die Studierenden

- können die erworbenen Kenntnisse disziplinübergreifend bei komplexen Fragestellungen einsetzen,
- können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,
- sind methodisch in der Lage, sich in vergleichbare Arbeitsgebiete einzuarbeiten.

#### 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%

Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%

#### 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement



Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Wetzlar, Dietmar, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung an interaktiver Präsentationstafel mit schrittweiser Entwicklung umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Die behandelten Verfahren werden in Kleingruppen anhand laborpraktischer Übungen aus den Bereichen Prozess- und Ultraschallmesstechnik, Spektroskopie und Geräuschanalyse vertieft.</li> <li>• Präsentationen und Diskussion der arbeiteten (Zwischen-)Ergebnisse in von Studierenden moderierten Besprechungen</li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Es wird Begleitmaterial bereitgestellt, das in der Vorlesung zu ergänzen ist. Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung und auf wichtige Publikationen werden gegeben.

### Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel

<b>Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel</b> <i>Cognitive Systems Engineering - Special Topics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23019 <i>MS ESE Students: see 'Contents' below for PAUL course numbers.</i>	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester /</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>



	<b>Semes- ter number</b> 1-3		Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.23019 Cognitive Systems Engineering - Special Topics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine - aber Interesse am Seminarthema und interdisziplinärer Arbeit Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>None - but interest in the subject-matter and interdisciplinary work</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
In der Veranstaltung werden aktuelle Themen aus der Forschung zu technischen und Grundlagen von biologischen kognitiven Systemen behandelt. <i>The course presents cutting-edge topics of today's research on technical cognitive systems. Furthermore, the fundamentals of biological sensation and perception are covered.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
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.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cognitive Systems Engineering A - Visual Attention (L.048.90701 für MS ESE)</b> 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.</li> <li>• <b>Cognitive Systems Engineering B - Sensation and Perception in Biological Systems (L.048.90702 für MS ESE)</b> In Teil B (Sommersemester) wird ein Überblick über die Grundlagen biologischer Sensorik und Wahrnehmung gegeben. Neben den spannenden und (teils unintuitiven) Hintergründen dieser Themen findet eine kritische Diskussion der Übertragbarkeit der biologischen Konzepte und Mechanismen auf technische Systeme statt.</li> <li>• <b>Cognitive Systems Engineering C - GET Forschungsseminar (L.048.62008 für MS ESE)</b> 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.</li> </ul>			
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 <b>L.048.23019</b> .			
<i>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.</i>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cognitive Systems Engineering A - Visual Attention (L.048.90701 für MS ESE)</b> <i>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.</i></li> </ul>			

- **Cognitive Systems Engineering B - Sensation and Perception in Biological Systems (L.048.90702 für MS ESE)**  
*Part B (summer semester) offers a broad overview of the fundamentals of sensation and perception in biological systems and the associated intriguing phenomena. The treatment of these topics is interwoven with a critical discussion concerning the implementation of bio-inspired mechanisms in technical systems.*
- **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.*

## 5 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 psychophysikalische Experimente interpretieren, 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 understand, design, implement and evaluate basic psychophysical 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 und
- haben ein kritisches Verständnis darüber, inwiefern die Nachahmung biologischer kognitiver Prozesse in technischen Systemen sinnvoll ist.

*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) and*
- *are able to carefully consider the potential use of bio-inspired mechanisms in technical systems.*

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement

Keine / None

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations

Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Modul / <i>Module</i> : Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.  CSE Part A: Tünnermann, Jan Dr. gemeinsam mit / <i>together with</i> Scharlau, Ingrid, Prof. Dr. (Kognitionspsychologie / <i>cognitive psychology</i> )  CSE Part B: Tünnermann, Jan Dr. , Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.  CSE Part C: Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> CSE A: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden; kleine Programmierbeispiele; Entwicklung und Durchführung von psychophysischen Experimenten</li> <li>• <i>Presentations and discussions by the participants; small programming examples, development and realization of psychophysical experiments</i></li> </ul> CSE B + C: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden</li> <li>• <i>Presentations and discussions by the participants</i></li> </ul> <b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> CSE A: Auszug / <i>Excerpt</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> <li>• Itti, L., Rees, G. &amp; Tsotsos (2005): Neurobiology of Attention (sections Foundations and Systems). Amsterdam (Elsevier) 3-196 resp. 547-676.</li> </ul> CSE B: Auszug / <i>Excerpt</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Foley, H., &amp; Matlin, M. (2015). Sensation and perception. Psychology Press.</li> </ul>

- Wolfe, J. M., Kluender, K. R., Levi, D. M., Bartoshuk, L. M., Herz, R. S., Klatzky, R. L., Lederman, S. J., Merfeld, D. M. (2015). *Sensation & Perception*, Fourth Edition. Sunderland, MA: Sinauer.

## Advanced Topics in Robotics

<b>Advanced Topics in Robotics</b> <i>Advanced Topics in Robotics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23020, M.048.92006	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23020 Advanced Topics in Robotics: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92006 Advanced Topics in Robotics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Veranstaltung Advanced Topics in Robotics baut auf dem Kurs Robotics auf. Sie führt die teilnehmenden Studierenden an aktuelle Forschungsfragen im Bereich autonomer und teleoperierter mobiler Roboter zur Lösung interdisziplinärer Probleme heran. Die Herausforderungen für die Entwicklung intelligenter mobiler Systeme werden analysiert und aktuelle Lösungen vorgestellt.</p> <p><i>The course Advanced Topics in Robotics is based on the course Robotics. The students are introduced to current research topics in the field of autonomous and teleoperated mobile robots to solve interdisciplinary issues. The challenges encountered in developing intelligent mobile systems are analyzed and current solutions presented.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Architekturen für Robotersysteme</li> <li>• Middleware für Hardwareabstraktion</li> <li>• Gerätetreiber und Bibliotheken</li> <li>• Visualisierung</li> <li>• lokale Navigationsverfahren (Kollisionsvermeidung)</li> <li>• globale Navigationsverfahren (Wegfindung)</li> <li>• Methoden zur Navigation und Selbstlokalisierung (SLAM)</li> <li>• Grundlagen der Handlungsplanung</li> <li>• Ausblick zu Multi-Agenten-Systemen</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Architectures of robot systems</i></li> <li>• <i>Middleware for hardware abstraction</i></li> <li>• <i>Device drivers and libraries</i></li> <li>• <i>Visualization</i></li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Local navigation processes (collision avoidance)</i></li> <li>• <i>Global navigation processes (pathfinding)</i></li> <li>• <i>Navigation and self-localization methods (SLAM)</i></li> <li>• <i>Fundamentals of task planning</i></li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die grundlegenden Architekturen für mobile Roboter benennen und ihre Eigenschaften analysieren,</li> <li>• beherrschen die grundlegenden Methoden für die Navigation und Regelung von mobilen Robotern und</li> <li>• können diese selbstständig implementieren, testen und anwenden.</li> </ul> <i>The students</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>are able to name and analyze the basic robot architectures for mobile robots,</i></li> <li>• <i>have a good command of the methods for the navigation and control of mobile robots and</i></li> <li>• <i>are able to implement, test and apply them.</i></li> </ul> <b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b> Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in C. <i>The students have a good command of programming in the C language</i>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100% <i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir</a>

### Methodische Umsetzung / Implementation

- Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
  - Eine Einübung der präsentierten Methoden erfolgt danach im Übungsteil.
  - Abschließend werden einfache Algorithmen von den TeilnehmerInnen implementiert, getestet und angewendet.
  - Im Praktikumsteil werden die notwendigen Programmierkenntnisse vermittelt, er ist aber ausdrücklich nicht als Programmierkurs gedacht.
- 
- *The theoretical and methodical fundamentals will be introduced during the lecture.*
  - *The methods presented will be practiced during the subsequent exercise / lab part.*
  - *Finally, the participants will implement, test, and apply simple algorithms.*
  - *The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.*

### Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature

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

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

- Mertsching, Bärbel: Robotics (lecture notes)
- McKerrow, Phillip J.: Introduction to Robotics. Addison-Wesley, 1991
- Siegwart, Roland; Nourbakhsh, Illah R. and Scaramuzza, David: Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2011, ISBN-13: 978-0262015356

## Fahrerassistenzsysteme

<b>Fahrerassistenzsysteme</b> <i>Driver Assistance Systems</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23004	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23004 Fahrerassistenzsysteme: 4S (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.23004 Driver Assistance Systems: 4S (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Abgeschlossener 1. Studienbshchnitt (Semester 1-4 der verschiedenen Studiengänge)</li><li>• Interesse an den angebotenen Themen</li></ul>			
Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completed first study period (semester 1-4 of various study programs)</li> <li>• Interest in the offered topics</li> </ul>
<p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>
<p><b>4 Inhalte / Contents</b></p>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>Das Themenspektrum umfasst die eingesetzten Technologie wie z.B. Kameratechnologie, laufzeitbasierte Messverfahren und Radar sowie Anwendungen wie z.B. intelligenter Tempomat, automatische Notbremse, automatisches Einparken, Out of Position Detektion und Biometrische Identifikation.</p> <p><i>The range of topics includes the deployed technologies, such as camera technology, run-time base measuring systems and radar as well as application such as intelligent cruise control, automatic emergency break, automatic/machine-aided parking, out-of-position detection, and biometric identification.</i></p>
<p><b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b></p>
<p>Das Seminar <i>Fahrerassistenzsysteme</i> behandelt Technologien und Anwendungen zur Unterstützung des Fahrers im Automobil. Dazu sollen von den Studenten/innen selbständig verschiedene Themen erarbeitet, in einem Seminarpapier erläutert und in einem Vortrag präsentiert werden. Einführende Literatur zu den einzelnen Themengebieten wird dabei gestellt. Die Studenten/innen sollen durch die Teilnahme am Seminar einige wichtige Bereiche der Fahrerassistenzsysteme kennen lernen. Dies umfasst sowohl die eingesetzten Sensor-Technologien als auch die Anwendungen. Darüber hinaus werden Aspekte zur Präsentations- und Vortragstechnik vermittelt.</p> <p><i>The seminar Driver assistance systems introduces technologies and applications for assisting drivers in their vehicles. Students are expected to independently work out several topics, explain them in a seminar paper and give a presentation on their work. A list of preliminary literature on each of the topics will be provided. This seminar is intended to introduce students to some of the important areas of driver assistance systems, including their application and deployed sensor technologies. In addition, aspects of presentation and lecture techniques are communicated.</i></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / Final modul exam</p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / None</p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / None</p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, MA LABKET</p> <p><i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i></p>

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Büker, Ulrich, Dr.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes****Modulseite / Module Homepage**

<https://getwww.uni-paderborn.de/teaching/fas>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Die Teilnehmer/innen sollen selbständig die angebotenen Themen erarbeiten und im Seminar vorstellen.
- *Participants are expected to indepently work out the offered topics and present their work in the seminar.*



### III.3.3 Kommunikationstechnik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Kommunikationstechnik <i>Communications</i>
Module / <i>Modules</i>	<p>Sommersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitale Sprachsignalverarbeitung</li> <li>• Elektromagnetische Feldsimulation</li> <li>• Wireless Communication</li> <li>• Videotechnik</li> <li>• Ausgewählte Kapitel der Theoretischen Elektrotechnik</li> <li>• Feldberechnung mit der Randelementmethode</li> <li>• Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode</li> <li>• Topics in Signal Processing</li> <li>• Optical Waveguide Theory</li> </ul> <p>Wintersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Feldsimulation</li> <li>• Hochfrequenztechnik</li> <li>• Optimale und adaptive Filter</li> <li>• Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik</li> <li>• Feldberechnung mit der Randelementmethode</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
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 Wahlpflichtmodule 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 Modules 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>
--	---

## Elektromagnetische Feldsimulation

<b>Elektromagnetische Feldsimulation</b> <i>Simulation of Electromagnetic Fields</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24006	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation: 2V+2Ü (60h / 120h / P / 50) <i>L.048.24006 Simulation of Electromagnetic Fields: 2L+2Ex (60h / 120h / C / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Veranstaltungen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Veranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation bietet eine Einführung in moderne Simulationsverfahren für elektromagnetische Feldprobleme. Im Mittelpunkt steht mit der Methode der Finiten Integration (FIT) ein moderner, sehr effizienter und erfolgreicher Ansatz aus der Klasse der gitterbasierten Verfahren. Es können Feldprobleme der Statik, Quasistatik und schnellveränderliche Felder (elektromagnetische Wellen) bei nahezu beliebiger Materialverteilung behandelt werden. Die Modellierung mit FIT führt dabei auf algebraische Matrixgleichungen, deren Lösung ebenfalls einführend besprochen wird. Außerdem kommen einige verwandte Verfahren wie Finite Differenzen und Finite Elemente zur Sprache. Ziel der Lehrveranstaltung ist u.a., die Möglichkeit und Grenzen der besprochenen Verfahren im praktischen Einsatz kennen zu lernen und einschätzen zu können. Außerdem wird das Fundament für eine Weiterentwicklung der Algorithmen im Rahmen wissenschaftlicher Projekte gelegt.			
<b>Inhalt / Contents</b>			

Die Vorlesung Elektromagnetische Feldsimulation gliedert sich wie folgt

- Einführung

- Motivation
- Klassifizierung von Lösungsmethoden
- Numerische Ansätze

- Grundlagen der Methode der finiten Integration

- Gitter-Maxwellgleichungen
- Eigenschaften der Diskretisierungsmatrizen
- Randbedingungen

- Lösung elektromagnetischer Feldprobleme

- Statische Felder
- Zeitveränderliche Felder
- Zeitharmonische Felder (Frequenzbereich)
- Transiente Felder (Zeitbereich)

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

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

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

- komplexe elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)
- die Finite Integrations Methode auf physikalische Probleme zu übertragen, anzuwenden und zu prüfen (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)
- numerisch gewonnene Ergebnisse zu visualisieren und physikalisch zu deuten (Evaluieren)

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

- *mathematically model complex electromagnetic field problems*
- *transfer, apply, validate the Finite Integration method on physical problems*
- *to physically interpret and visualise the obtained results*

### **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

## 6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement*

Keine / *None*

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*

Keine / *None*

## 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Sievers, Denis, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, in der zugehörigen programmierpraktischen Übung werden für einfache Problemstellungen der Simulationstechnik kleine Matlab-Programme erstellt.
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb

## Hochfrequenztechnik

<b>Hochfrequenztechnik</b> <i>High Frequency Engineering</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24007, M.048.92002	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24007 Hochfrequenztechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92002 High Frequency Engineering: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			

Diese Vorlesung vermittelt anwendungsorientierte Kenntnisse in der Hochfrequenztechnik. Ferner werden Kenntnisse über aktive und passive Hochfrequenzschaltungen vermittelt.

*This lecture gives application-oriented knowledge in high frequency engineering. Furthermore, it gives knowledge in active and passive high-frequency circuits.*

### **Inhalt / Contents**

Die Veranstaltung **Hochfrequenztechnik** (4 SWS, 6 Leistungspunkte) erweitert das in der Veranstaltung Theoretische Elektrotechnik erworbene Wissen um weitere anwendungsrelevante Anteile. Ziel ist es, die Hörer für Entwicklungsarbeiten z.B. im hochfrequenten Teil eines Mobiltelefons zu befähigen. Gesichtspunkte der Hochfrequenztechnik sind aber auch schon in gängigen Digitalschaltungen zu berücksichtigen. Die Schwerpunkte der Veranstaltung sind passive Baugruppen, Hochfrequenzeigenschaften der Transistorgrundschaltungen, lineare und nichtlineare Verstärker, rauschende Mehrere, Mischer, Oszillatoren, Synchronisation und Phasenregelschleife.

*The lecture **High-Frequency Engineering** (4 SWS, 6 ECTS credit points) extends the content of the lecture Theoretische Elektrotechnik by further application-relevant knowledge. The aim is to qualify the students for development tasks for example in the radio frequency part of a mobile telephone. But considerations of high-frequency engineering are also needed in prevalent digital circuits. The emphases of the lecture are passive devices, high-frequency properties of fundamental transistor circuits, linear and nonlinear amplifiers, noisy multiports, mixers, oscillators, injection-locking and phase-locked loop*

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

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

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang die Funktionsweise von Komponenten, Schaltungen und Systemen der Hochfrequenztechnik zu verstehen, diese zu modellieren und 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, in the taught extent, to understand the function of components, circuits and systems of high-frequency engineering, to model and to apply them.*

#### **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*

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

### **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Vorlesung und Übung <i>Lecture and exercise</i>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): <i>Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thiede, A.: Skriptum Hochfrequenzelektronik/High-Frequency Electronics, Universität Paderborn</li> <li>• Sze, S. M.: High Speed Semiconductor Devices, John Wiley &amp; Sons, 1990</li> <li>• Herbst, L. J.: Integrated Circuit Engineering, Oxford University Press, 1996</li> <li>• Yip, P. C. L.: High-Frequency Circuit Design and Measurement, Chapman &amp; Hall, 1996</li> <li>• Gonzalez, G.: Microwave Transistor Amplifiers, Prentice Hall, 1997</li> <li>• Hoffmann, M.: Hochfrequenztechnik, Springer, 1997</li> </ul>

### Optimale und adaptive Filter

<b>Optimale und Adaptive Filter</b> <i>Optimal and Adaptive Filters</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24010, M.048.92011	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24010 Optimal and Adaptive Filters: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)			

L.048.92011 *Optimal and Adaptive Filters: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)*

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / *Options within the module*

Keine / *None*

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / *Admission requirements*

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Digitale Signalverarbeitung.

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*Prior knowledge from the modules Higher Mathematics and Digital Signal Processing*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## 4 Inhalte / *Contents*

### Kurzbeschreibung / *Short Description*

Die Veranstaltung „Optimale und adaptive Filter“ führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur adaptiven Filterung ein. Aufbauend auf den Grundlagen der Schätztheorie werden zunächst optimale Filter diskutiert. Anschließend werden die Wiener Filter Theorie, die deterministische Optimierung unter Randbedingungen und die stochastischen Gradientenverfahren betrachtet. Abschließend werden der Least Squares Ansatz zur Lösung von Filteraufgaben und der Kalman Filter vorgestellt. Letzterer ist als Einführung in das Themengebiet der zustandsbasierten Filterung anzusehen.

*The course “Optimal and adaptive filters” gives an introduction to the basic techniques and theories of adaptive filters. Based upon the basics of estimation theory optimal filters are discussed. Subsequently the topics Wiener filter theory, deterministic optimization under constraints and stochastic gradient methods are regarded. Concluding the Least Squares approach for solving filter tasks and the Kalman filter are introduced. The latter is regarded as a brief introduction to state based filters.*

### Inhalt / *Contents*

- Klassische Parameterschätzung
  - Schätzung und Schätzer
  - MMSE-Schätzung
  - Lineare Schätzer
  - Orthogonalitätsprinzip
  - Bewertung der Güte von Schätzern
- Wiener Filterung
  - Wiener-Hopf Gleichung
  - AR- und MA-Prozesse
  - Lineare Prädiktion
- Iterative Optimierungsverfahren
  - Gradientenan/abstieg
  - Newton-Verfahren
- Lineare adaptive Filterung
  - LMS-Algorithmus
  - Least-Squares Methode
  - Blockweise und rekursive adaptive Filter
  - Realisierungsaspekte
- Zustandsmodellbasierte Filter
  - Kalman Filter
- Anwendungen
  - Systemidentifikation
  - Kanalschätzung und -entzerrung
  - Mehrkanalige Sprachsignalverarbeitung
  - Geräusch- und Interferenzunterdrückung
  
- *Classic parameter estimation*
  - *Estimators*
  - *MMSE-Estimation*
  - *Linear estimators*
  - *Orthogonality principle*
  - *Evaluation of estimators*
- *Wiener filter*



- Wiener-Hopf equation
- AR- and MA processes
- Linear prediction
- Iterative optimization methods
  - Gradient ascent/descent
  - Newton method
- Linear adaptive filters
  - LMS algorithm
  - Least-Squares method
  - Blockwise and recursive adaptive filters
  - Realization aspects
- State model based filters
  - Kalman filter
- Applications
  - System identification
  - Channel estimation and equalization
  - Multi-channel speech signal processing
  - Noise and interference suppression

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachkompetenz / Domain competence:

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

- Problemstellungen im Bereich der adaptiven Filterung zu analysieren und Anforderungen mathematisch zu formulieren
- Filter anhand von Kostenfunktionen zu entwickeln und
- ausgewählte adaptive Filter im Frequenz- oder Zeitbereich zu implementieren.

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

- analyze task on the field of adaptive filters and to formulate requirements mathematically,
- develop filter using cost functions and
- implement selected adaptive filters in the frequency or time domain.

### 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*

- are 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.

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement

Keine / None



<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Schmalenströer, Jörg, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://nt.uni-paderborn.de/index.php?id=oaf&amp;L=2">http://nt.uni-paderborn.de/index.php?id=oaf&amp;L=2</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafelinsatz und Präsentationen,</li> <li>• Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Übungsblättern und Rechnern und</li> <li>• Demonstrationen von Systemen in der Vorlesung</li>   <li>• <i>Lectures using the blackboard and presentations,</i></li> <li>• <i>Alternating theoretical and practical exercises classes with exercise sheets and computer and</i></li> <li>• <i>Demonstration of real technical systems in the lecture hall.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte <i>Allocation of a script; information on textbooks; matlab scripts</i>

### Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik

<b>Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik</b> <b>Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24023	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			

L.048.24023 Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)  
L.048.24023 Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Vorkenntnisse aus dem Pflichtmodul Theoretische Elektrotechnik

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

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

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachkompetenz / Domain competence:

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

- komplexere zeitharmonische elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)
- eine geeignete analytische Lösungsmethode zu identifizieren, anzuwenden und zu überprüfen (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)
- die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu bewerten (Evaluieren)

### 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

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%

<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Sievers, Denis, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>
<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>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

### Feldberechnung mit der Randelementmethode

<b>Feldberechnung mit der Randelementmethode</b> <b>Field Computation Using Boundary Element Method</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24013	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24013 Feldberechnung mit der Randelementmethode: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.24013 Field Computation Using Boundary Element Method: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / *Options within the module*

Keine / *None*

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / *Admission requirements*

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

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

## 4 Inhalte / *Contents*

### Kurzbeschreibung / *Short Description*

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.

### Inhalt / *Contents*

Die Vorlesung Feldberechnung mit der Randelementmethode gliedert sich wie folgt:

1. Einführung (Motivation, Mathematische Grundlagen)
2. Integralgleichungsmethode (Darstellungsformeln für elektromagnetische Felder, Oberflächenintegralgleichungen)
3. Mathematische Modellbildung (Formulierung von Antennen-, Streu- und Eigenwertproblemen, Anregungsformen, Berechnung von Rückstreuquerschnitten und Antennenparametern)
4. Diskretisierung mittels Momentenmethode (Prinzip von Projektionsverfahren, Basisfunktionen)
5. Berechnung der Matrixbeiträge (Numerische Integration, Behandlung singulärer Integrale)
6. Aspekte bei der Lösung des diskreten Modellproblems (Lösungsstrategien, Matrixkompressionsverfahren)

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

### Fachkompetenz / *Domain competence:*

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

- komplexe elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)
- die Randelementmethode auf physikalische Probleme zu übertragen, anzuwenden und zu prüfen (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)
- numerisch gewonnene Ergebnisse zu visualisieren und physikalisch zu deuten (Evaluieren)

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

- *mathematically model complex electromagnetic field problems*
- *transfer, apply, validate the Boundary Element method on physical problems*
- *to physically interpret and visualise the obtained results*

### 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

<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Sievers, Denis, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://tet.upb.de/">http://tet.upb.de/</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>  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.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p>

### III.3.4 Mikroelektronik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Mikroelektronik <i>Micro Electronics</i>
Module / <i>Modules</i>	<p>Sommersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RFID Funketiketten</li> <li>• Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation</li> <li>• Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip</li> <li>• Analoge CMOS- Schaltungen</li> <li>• Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</li> <li>• Advanced VLSI Design</li> </ul> <p>Wintersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation</li> <li>• Test hochintegrierter Schaltungen</li> <li>• Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip</li> <li>• Technologie hochintegrierter Schaltungen</li> <li>• Hochfrequenzleistungsverstärker</li> <li>• Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen)</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Die Module 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.</p> <p>Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur problemorientierten Auswahl geeigneter Modelle zur Veranschaulichung und Simulation und die Fähigkeit zur Beurteilung logischer Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessteilen.</p>

## Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation

<b>Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation</b> <i>Fast Integrated Circuits for Wireline Communications</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25019, M.048.90704	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25019 Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.90704 <i>Fast Integrated Circuits for Wireline Communications</i> : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Modul "Schaltungstechnik" des Bachelor Elektrotechnik oder Modul "Circuit and System Design" des Master "Electrical Systems Engineering" oder vergleichbare Module / Vorlesungen Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Module "Schaltungstechnik" of the Bachelor Electrical Engineering or module "Circuit and System Design" of the Master "Electrical Systems Engineering" or comparable modules / lectures</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>In der Glasfaserkommunikation werden heutzutage in kommerziellen Systemen sehr hohe Bitraten von über 100 Gb/s pro optischem Kanal und mehreren Tb/s in einer Glasfaser erreicht. In ähnlicher Weise treten heute bei der Signalübertragung zwischen Chips hohe Bitraten von mehr als 10 Gb/s an einem einzelnen Gehäuse-Pin auf, die über Leiterplatten und preisgünstige serielle Kabelverbindungen übertragen werden müssen. In Zukunft werden durch den Fortschritt der CMOS-Technologie und der optischen Kommunikationstechnik die Datenraten weiter kontinuierlich steigen.</p> <p>Der Entwurf von elektronischen Schaltungen für hohe Bandbreiten bzw. Bitraten erfordert ein gutes Systemverständnis im Hinblick auf die typischen Sende-/Empfangsarchitekturen, Komponenten und Signaleigenschaften. Überdies ist ein gutes Verständnis des Schaltungsentwurfs integrierter Schaltungen und eine genaue Höchsthfrequenz-Modellierung von passiven und aktiven Bauelementen notwendig.</p> <p>Ziel der Vorlesung ist es, den Studenten ein Verständnis des methodischen Entwurfs schneller integrierter, elektronischer Schaltungen für die digitale leitungsgebundene Kommunikationstechnik zu vermitteln. Ein Teil der Übungen wird als CAD-Übung unter Nutzung moderner Chip-Entwurfssoftware durchgeführt.</p> <p><i>Nowadays commercial fiber-optic communication systems reach very high data rates of 100 Gb/s per optical channel and several Tb/s in a single fiber. In a similar way very high data rates of more than 10 Gb/s occur at a single package pin of electronic chips. These signals are to be transmitted over printed circuit boards and inexpensive serial cables. In the future the progress of CMOS technology and communication technology will push speed of fiber-optic and wire-line communication continuously to ever higher data rates.</i></p> <p><i>The design of electronic circuits for high bandwidth resp. data rates requires a good system knowledge with respect to typical transmitter and receiver architectures, components, and signal</i></p>			



*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 enable the student to utilize a methodological approach for the design of fast integrated electronic circuits for digital wired communications. A part of the exercises will be carried out using modern industry-standard IC design software.*

### **Inhalt / Contents**

Die Vorlesung vermittelt den methodischen Entwurf von schnellen, integrierten, elektronischen Schaltungen für digitale leitungsgebundene Kommunikationssysteme. 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 Vorlesung behandelt:

- Sende- und Empfangsarchitekturen für die Glasfaserkommunikation
- Sende- und Empfangsarchitekturen für die Chip-to-chip-Kommunikation
- Systemtheoretische Grundlagen
- Halbleitertechnologien und integrierte HF-Bauelemente
- Verstärkerschaltungen
- Logikschaltungen in Stromschaltertechnik (CML)
- PLL-Technik für Synthesizer und Taktrückgewinnung
- Messverfahren

*The lecture deals with analysis and design of fast integrated electronic circuits for digital broadband 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 lecture deals with:*

- *Transmitter and receiver architectures for fiber-optic communications*
- *Transmitter and receiver architectures for chip-to-chip communications*
- *System design*
- *Semiconductor technology and integrated high-frequency devices*
- *Broadband amplifiers*
- *Current-mode logic*
- *Transmitter and receiver circuits*
- *PLLs for frequency synthesis and clock recovery*
- *Measurement methods*

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

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

Der Student wird in der Lage sein:



- Sende- und Empfangsarchitekturen für die Breitbandkommunikation zu beschreiben und zu analysieren.
- Halbleitertechnologien und Hochfrequenz-Bauelemente für die Breitbandkommunikation zu verstehen und zu beschreiben.
- Schaltungstechniken für Sende- und Empfangsschaltungen zu analysieren und Massnahmen zur Optimierung zu beschreiben.
- Schaltungen in PLL-Technik für Frequenzsynthese und Taktrückgewinnung zu beschreiben.
- Messmethoden zu beschreiben.

*The student will be able to:*

- *describe and analyze transmitter and receiver architectures for broadband communication links*
- *understand and describe semiconductor technologies and integrated high-frequency devices for broadband circuits*
- *to analyze circuit design techniques for transmitter and receiver circuits and describe ways to optimize them*
- *to describe circuits in PLL technique for frequency synthesis and clock recovery*
- *to describe measurement methods*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studenten lernen, wie verschiedene interdisziplinäre wissenschaftliche Bereiche - wie mathematische Signal- und Systemanalyse, nichtlineare und lineare Schaltungsanalyse, Halbleiterphysik, Bauelemente und Hochfrequenztechnik - zur Entwicklung von Kommunikations-Anwendungen miteinander kombiniert werden.

*The students will learn how different interdisciplinary scientific domains and their methods - like mathematical signal and system analysis, non-linear and linear circuit analysis, semiconductor physics, semiconductor devices and high-frequency engineering - are applied together for the development of communications application.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  
*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  
*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

<i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Scheytt, Christoph, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/fast-integrated-circuits-for-wireline-communications/">https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/fast-integrated-circuits-for-wireline-communications/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Vorlesung mit Übungen (einschließlich rechnerunterstütztem Entwurf mit IC-Entwurfssoftware) <i>Lecture with Exercises (including computer-aided design using electronic design software)</i>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Handouts und Literatur-Referenzen werden in der Vorlesung angegeben. <i>Handouts and literature references will be given in the lecture.</i>
<b>Bemerkungen / Comments</b> Im Rahmen der Vorlesung wird eine 2-tägige Exkursion zum IHP Leibnizinstitut für Innovative Mikroelektronik in Frankfurt (Oder) mit Besichtigung einer modernen Chipfertigung angeboten (Teilnahme ist freiwillig). <i>As part of the lecture a 2-day excursion to IHP Leibnizinstitute for High-Performance Microelectronics in Frankfurt (Oder) is offered which includes the visit of a modern chip fabrication facility (participation in the excursion is voluntary).</i>

## Test hochintegrierter Schaltungen

<b>Test hochintegrierter Schaltungen</b> <b>VLSI Testing</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25005, M.048.92027	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25005 Test hochintegrierter Schaltungen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92027 VLSI Testing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Grundlagen der Technischen Informatik			

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

### *Introduction to Computer Engineering (Digital Design)*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## **4 Inhalte / Contents**

### **Kurzbeschreibung / Short Description**

Die Lehrveranstaltung "Test hochintegrierter Schaltungen" behandelt systematische Verfahren zur Erkennung von Hardware-Defekten in mikroelektronischen Schaltungen. Es werden sowohl Algorithmen zur Erzeugung und Auswertung von Testdaten als auch Hardwarestrukturen zur Verbesserung der Testbarkeit und für den eingebauten Selbsttest vorgestellt.

*The course "VLSI Testing" focuses on techniques for detecting hardware defects in micro-electronic circuits. Algorithms for test data generation and test response evaluation as well as hardware structures for design for test (DFT) and on-chip test implementation (BIST) are presented.*

### **Inhalt / Contents**

Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Fehlermodelle
- Testbarkeitsmaße und Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit
- Logik- und Fehlersimulation
- Algorithmen zur Testmustererzeugung
- Selbsttest, insbesondere Testdatenkompression und Testantwortkompaktierung
- Speichertest

*In detail the following topics are covered:*

- *Fault models*
- *Testability measures and design for test (DFT)*
- *Logic and fault simulation*
- *Automatic test pattern generation (ATPG)*
- *Built-in self-test (BIST), in particular test data compression and test response compaction*
- *Memory test*

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

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

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

- Fehlermodelle, Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit und Werkzeuge zur Unterstützung des Tests zu beschreiben,
- die grundlegenden Modelle und Algorithmen für Fehlersimulation und Test zu erklären und anzuwenden, sowie
- Systeme im Hinblick auf ihre Testbarkeit zu analysieren und geeignete Teststrategien auszuwählen.

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

- *to describe fault models, DFT techniques, and test tools,*
- *to explain and apply the underlying models and algorithms for fault simulation and test generation,*
- *to analyze systems with respect to their testability and to derive appropriate test strategies.*

### **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.

<p><i>The students</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to apply the practiced strategies for problem solving across varying disciplines,</li> <li>• have experience in presenting their solutions to their fellow students, and</li> <li>• know how to improve their competences by private study.</li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://www.date.upb.de/pages/en/teaching.php?id=9">http://www.date.upb.de/pages/en/teaching.php?id=9</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Beamer und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> <li>• Praktische Übungen mit verschiedenen Software-Werkzeugen am Rechner</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</i></li> <li>• <i>Hands-on exercises using various software tools</i></li> </ul>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b></p> <p>Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs  <i>Additional material can be found in koala</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000</li> </ul>

- 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

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

<b>Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</b> <i>Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.079.4010	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.079.40101 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits: 2V+1Ü (45h / 135h / WP / 0)			
<i>L.079.40101 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits: 2L+1Ex (45h / 135h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</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 / Contents</b> <i>Hardware modeling languages High-level synthesis and optimization methods (i.e., scheduling and binding) Logic representation and optimization of two-level logic functions Data structures for logic synthesis (Binary decision diagrams) Representation and optimization of multiple-level logic networks (Algebraic methods, controllability and observability computation, and timing verification) Modeling and optimization of sequential logic networks (Retiming) Libraries and binding</i>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b> <i>After attending this course, the students are able to: Select among the available optimization methods in design of a digital circuit</i>			

<p><i>Identify major problems in design of integrated circuits and recognize circuit design tradeoffs</i></p> <p><i>Examine current digital design tools and methods (e.g., Synopsys Design Compiler for ASIC, and ISE Xilinx for FPGA Implementation)</i></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, MA LABKET</p> <p><i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Ghasemzadeh Mohammadi, Hassan, Dr.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b></p> <p>Micheli, Giovanni De. Synthesis and optimization of digital circuits. McGraw-Hill Higher Education, 1994.</p>

## Technologie hochintegrierter Schaltungen

<b>Technologie hochintegrierter Schaltungen</b> <i>Technology of highly integrated circuits</i>			
<p><b>Modulnummer / Module number</b></p> <p>M.048.25009</p>	<p><b>Workload (h)</b></p> <p>180</p>	<p><b>Leistungspunkte / Credits</b></p> <p>6</p>	<p><b>Turnus / Regular cycle</b></p> <p>Wintersemester / <i>winter semester</i></p>
	<p><b>Studiensemester / Semester number</b></p> <p>1-3</p>	<p><b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b></p> <p>1</p>	<p><b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b></p> <p>Deutsch / <i>German</i></p>
<p><b>1 Modulstruktur / Module structure</b></p>			

L.048.25009 Technologie hochintegrierter Schaltungen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)  
*L.048.25009 Technology of highly integrated circuits: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)*

## **2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module**

Keine / None

## **3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements**

Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Halbleiterprozessertechnik

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

## **4 Inhalte / Contents**

### **Kurzbeschreibung / Short Description**

Die Lehrveranstaltung „Technologie hochintegrierter Schaltungen“ behandelt die Grundlagen der Höchstintegration von Halbleiterschaltungen. Aufbauend auf den Standard CMOS-Prozess werden Probleme bei der Erhöhung der Packungsdichte sowie deren Lösungen vorgestellt. Hierbei werden die Lokale Oxidation, die SOI-Technik, LDD-Dotierungsprofile sowie Prozessweiterungen zur Höchstintegration vermittelt. Anschließend werden Integrationstechniken für Bipolartransistoren erläutert.

*The course “Technology of highly integrated circuits” focuses on very large-scale integration of semiconductor devices. Starting from standard CMOS-Processing, problems of increasing the integration density and their solutions will be discussed. Here the Local Oxidation of Silicon, Silicon on Insulator, LDD-doping profiles and process steps for very large-scale integration are explained. Subsequently integration techniques for bipolar transistors are illustrated.*

### **Inhalt / Contents**

Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Lokale Oxidation von Silizium
- MOS-Transistoren für die Höchstintegration
- SOI-Techniken
  
- Integrationstechniken für Bipolartransistoren
  
- Nanoskalige Transistoren
  
- Weitere Transistor-Konzepte

*In detail the following topics are covered:*

- *Local Oxidation of Silicon*
- *MOS-Transistors for very large-scale integration*
- *SOI-Technology*
- *Integration of Bipolar Transistors*
- *Nano Scale Transistors*
- *Other Transistor concepts*

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

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

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

- eine geeignete Lokale Oxidationstechnik zur Integration von Transistoren auswählen und Schichtdicken zu berechnen.
- Integrationstechniken für Transistoren mit Nanometer-Abmessungen zu beschreiben.
- Transistorherstellung mit Hilfe der SOI-Technik erklären.
- Prozesse für Schaltungen mit Bipolartransistoren zu planen.
- Schaltungen in BiCMOS Technologie zu beschreiben.

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



- to choose Local Oxidation of Silicon method for integration of transistors and calculate layer thicknesses
- to explain the integration of nano-scale transistors
- to explain transistor manufacturing with SOI-Technology.
- to develop processes for circuits with bipolar transistors.
- to explain circuits in BiCMOS-Technology.

**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.

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / None

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / None

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

The module is weighted according to the number of credits (factor 1).

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre>

**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 in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides

- Hilleringmann, U.: Silizium-Halbleitertechnologie, Teubner Verlag
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite

*Additional links to books and other material available at the webpage*

- Sze: VLSI-Technology
- Hilleringmann: Halbleitertechnologie
- Hoppe: Mikroelektronik

## Hochfrequenzleistungsverstärker

### Hochfrequenzleistungsverstärker

#### Radio Frequency Power Amplifiers

<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25015, M.048.92025	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / German or English (depending on demand)

#### 1 Modulstruktur / Module structure

L.048.25015 Hochfrequenzleistungsverstärker: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92025 Radio Frequency Power Amplifiers: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

#### 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

#### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

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

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

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

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

#### 4 Inhalte / Contents

#### Kurzbeschreibung / Short Description

Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über den Entwurf integrierter Hochfrequenzleistungsverstärker insbesondere für Anwendungen in der Mobilkommunikation und der Sensorik.

*The course provides basic knowledge on the design of integrated RF power amplifiers, in particular for mobile communication and sensor applications.*

#### **Inhalt / Contents**

Die Veranstaltung beginnt mit einem Überblick über Analyse- und Simulationsverfahren für nichtlineare Verstärkerschaltungen. Danach werden zunächst die herkömmlichen Verstärkerklassen A, AB, B und C analysiert und dabei insbesondere Übersteuerungseffekte untersucht. Darauf aufbauend werden die speziellen Verstärkerklassen D, E, F und S eingeführt. Anschließend werden Techniken zur Verbesserung des Wirkungsgrades sowie der Linearität erläutert und spezielle Verstärkerarchitekturen vorgestellt. Die Veranstaltung endet mit einer Übersicht über für Leistungsverstärker einsetzbare Halbleitertechnologien.

*The course starts with an overview on analysis and simulation techniques for non-linear circuits. After that, first the conventional amplifier classes A, AB, B, and C are analysed and in particular overdrive effects are investigated. Second, the specific amplifier classes D, E, F, and S are introduced. Next, dedicated measures for the efficiency enhancement and linearization are described and particular amplifier architectures are presented. The course ends with an overview on semiconductor fabrication technologies for power amplifiers.*

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

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

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

- das Verhalten von nichtlinearen Verstärkern zu beschreiben und analysieren,
- die verschiedenen Verstärkerklassen zu unterscheiden, zielgerichtet einzusetzen und zu dimensionieren,
- geeignete Maßnahmen zur Verbesserung des Wirkungsgrades sowie der Linearität zu ergreifen
- und die für konkrete Problemstellungen geeignetste Halbleitertechnologie auswählen.

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

- *describe and analyse the performance of non-linear amplifiers,*
- *distinguish, make dedicated use, and dimension power amplifiers of different classes,*
- *take effective measures for efficiency enhancement and linearization,*
- *and to select appropriate semiconductor fabricated technologies for given problems.*

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

Die Studierenden

- können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,
- beziehen in komplexe Optimierungsprobleme auch fertigungstechnische und ökonomische Aspekte ein,
- lernen das industrieübliche CAD-System ADS kennen
- und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

*The students*

- *can make use of methodic knowledge for systematic problem analysis,*
- *include aspects of fabrication technology and economy into complex optimization problems,*
- *get familiar with the CAD system ADS, which is commonly used in industry*
- *and gain foreign language competences related to the field.*

#### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/acc.html</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,</li> <li>• Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters, teilweise unter Einsatz von CAD-Software erarbeiten.</li> <li>• <i>Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies</i></li> <li>• <i>Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher, and partially using CAD software.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> A. Thiede, RF Power Amplifiers, Vorlesungsskript Universität Paderborn <i>A. Thiede, RF Power Amplifiers, Lecture Script University Paderborn</i> Steve C.ripps, RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Artech House, 1999 Stephen A. Maas, Nonlinear Microwave and RF Circuits, Artech House, 1997

## Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen

<b>Anwendung und Theorie von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen)</b> <i>Application and theory of phase-locked loops (PLL Systems)</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25018	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester /</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>

	<b>Semester number</b> 1-3	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25018 Anwendung und Theorie von Phasenregelkreisen : 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.25018 Application and theory of phase-locked loops: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
System-, Regelungs- und Nachrichtentechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>System theory, control and communication engineering</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Ziel des Moduls ist es, Studierenden einen Einblick in das komplexe und nichtlineare Verhalten eines Phasenregelkreises zu gewähren. Hinzukommend sollen dabei die theoretischen Aspekte anhand wichtiger Anwendungen der Regelschleife für die Nachrichtentechnik, Messtechnik und Energietechnik (Modulation, Demodulation und Frequenzsynthese) dargelegt werden. Der Studierende wird sehr eingehend mit den grundlegenden Problemen eines Digital-Analog-Systems konfrontiert. Im Zuge dieser Betrachtung werden verschiedene Modellierungen erarbeitet und gegenübergestellt. Besonderer Wert wird auf eine praxisbezogene Analyse, sowie ein praxisbezogenes Design der untersuchten Schaltungen gelegt. Durch die Simulation des nichtlinearen Systems soll das grundlegende Verständnis solcher Strukturen erworben werden. Neben der Erarbeitung der Konzepte und einer Übung zur Vertiefung der Theorie sollen verschiedene Verfahren/Algorithmen in Matlab implementiert werden.</p> <p><i>The aim of this module is to deliver insight into the complex and nonlinear behavior of a phase locked loop. Furthermore the theoretical basis of important aspects of the control loop applications for communications, instrumentation and energy technology (modulation, demodulation and frequency synthesis) will be demonstrated. The student is confronted with the fundamental problems of a digital-analog system. As part of this consideration different models will be developed and compared. Particular emphasis is placed on a practical analysis, and a practical design of the tested circuits. By simulating the nonlinear system the basic understanding of such structures shall be acquired. In addition to the theoretical basics different methods and algorithms shall be implemented by the students using Matlab.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Aufbau und Eigenschaften eines Phasenregelkreises			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des Phasenregelkreises (PLL)</li> <li>• Analoge und digitale Bausteine der PLL</li> <li>• Modell <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schaltende Differentialgleichung</li> <li>- Linearisierung</li> <li>- Ereignisgesteuerte Modellierung</li> </ul> </li> </ul>			
Design eines Frequenz Synthesizers			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Randbedingungen</li> <li>• Konzepte zur Parameterbestimmung</li> <li>• Design des spannungsgesteuerten Oszillators</li> </ul>			
<i>Structure and properties of a phase-locked loop</i>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Principles of phase-locked loop (PLL)</i></li> <li>• <i>Analog and digital modules of the PLL</i></li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Model</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Switching differential equation</i></li> <li>- <i>Linearization</i></li> <li>- <i>Event-driven modeling</i></li> </ul> </li> </ul> <p><i>Design of a frequency synthesizer</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>General conditions</i></li> <li>• <i>Concepts for parameter determination</i></li> <li>• <i>Design of the voltage controlled oscillator</i></li> </ul>
<b>5 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>• den Phasenregelkreis und dessen Funktionsweise zu beschreiben,</li> <li>• eine Frequenzsynthese, eine Phasen- und Frequenzmodulation und eine Taktsynchronisation mittels eines Phasenregelkreises durchzuführen,</li> <li>• Mixed-Signal-Architekturen linear und nichtlinear zu modellieren und</li> <li>• den Phasenregelkreis unter Berücksichtigung von Phasenrauschen, der Stabilität und der nichtlinearen Eigenschaften der Bauteile zu entwerfen,</li> </ul> <p><i>After attending the course, the students will be able</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to describe the architecture and the functionality of the phase-locked loop,</i></li> <li>• <i>to perform a frequency synthesis, a phase- and frequency modulation and a clock synchronization using a phase-locked loop,</i></li> <li>• <i>to model a mixed-signal system in a linear and nonlinear way and</i></li> <li>• <i>to design the phase-locked loop in regard to the phase noise, the nonlinear behavior and the stability.</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Dieses Modul stellt eine Vertiefung und Erweiterung der im Hauptstudium des Bachelor/Master-Studiengangs angebotenen Module Elektronik, Regelungstechnik, Systemtheorie und Digitale Signalverarbeitung dar. Insofern ist dieses Modul auch ein Beispiel für eine fächerübergreifende Vertiefung des Stoffes.</p> <p><i>This module provides a deepening and widening of the modules electronics, control engineering, system theory, digital signal processing offered by the main study period of the bachelor's and master's degree. In this respect the described module is an example of the interdisciplinary deepening of the theoretical and practical aspects of the studies.</i></p>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  
*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

### **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, MA LABKET  
*EMA, WGMAET, MA LABKET*

### **12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.; Hedayat, Christian, Dr.-Ing.

### **13 Sonstige Hinweise / Other notes**

#### **Modulseite / Module Homepage**

<http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre>

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

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

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

- Best, R. E.: "Phase-Locked Loops - Design, Simulation and Application"
- Gardner, F.: "Phase-Locked Techniques"
- Encinas, J.: "Phase Locked Loops"
- Hedayat, C. D. and Hachem, A. and Leduc, Y. and Benbassat, G.: "High-Level Modeling Applied to the Second-Order Charge-Pump PLL Circuit"
- Acco, P. and Kennedy, M.P. and Mira, C. and Morley, B. and Frigyik, B.: "Behavioral modeling of charge pump phase locked loops"
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite / Additional links to books and other material available at the webpage
- *Best, R. E.: "Phase-Locked Loops - Design, Simulation and Application"*
- *Gardner, F.: "Phase-Locked Techniques"*
- *Encinas, J.: "Phase Locked Loops"*
- *Hedayat, C. D. and Hachem, A. and Leduc, Y. and Benbassat, G.: "High-Level Modeling Applied to the Second-Order Charge-Pump PLL Circuit"*
- *Acco, P. and Kennedy, M.P. and Mira, C. and Morley, B. and Frigyik, B.: "Behavioral modeling of charge pump phase locked loops"*
- *Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite / Additional links to books and other material available at the webpage*

### III.3.5 Optoelektronik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Optoelektronik <i>Optoelectronics</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Nachrichtentechnik B</li> <li>• Optische Nachrichtentechnik D</li> <li>• Polarisationsaspekte der Optischen Nachrichtentechnik B</li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Nachrichtentechnik A</li> <li>• Optische Nachrichtentechnik C</li> <li>• Hochfrequenzelektronik</li> <li>• Polarisationsaspekte der Optischen Nachrichtentechnik A</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 je Modul
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Künftigen Ingenieurinnen und Ingenieuren der Elektrotechnik eröffnen sich nach erfolgreichem Studium der Module breite Betätigungsfelder mit enormer fachlicher Tiefe. Die vermittelten Theorien und Methoden der Feldtheorie, Wellen-Teilchen-Dualismus, Statistik, höchstfrequenten 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>



## Optische Nachrichtentechnik A

<b>Optische Nachrichtentechnik A</b> <i>Optical Communication A</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26003, M.048.92019	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / German or English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26003 Optische Nachrichtentechnik A: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.26003 Optical Communication A: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik A vermittelt Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Optischen Nachrichtentechnik und der hierbei verwendeten optischen Komponenten. <i>The lecture Optical Communication A gives basic knowledge in Optical Communication and the components used in this field.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> Grundlagen (4 SWS, 6 Leistungspunkte): Maxwell-Gleichungen, Wellenausbreitung, Polarisierung, dielektrische Schichtwellenleiter und kreiszylindrische Wellenleiter, Dispersion, Laser, Photodioden, optische Verstärker, Modulation, Signalformate, optische Empfänger, Rauschen, Regeneratoren, Wellenlängenmultiplex. Hier werden die wichtigsten Zusammenhänge vermittelt. <i>Fundamentals (4 SWS, 6 ECTS credit points): Maxwell's equations, wave propagation, polarization, dielectric slab and cylindrical waveguides, dispersion, laser, photodiodes, optical amplifiers, modulation, signal formats, optical receivers, noise, regenerators, wavelength division multiplex. Here the most important knowledge is taught.</i>			
<b>5 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, im behandelten Umfang <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und</li> <li>• Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden.</li> </ul>			
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b> Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und</li> </ul>			



- 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, in the taught subjects, 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

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / None

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / None

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

The module is weighted according to the number of credits (factor 1).

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://ont.upb.de>

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002

- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 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 C

<b>Optische Nachrichtentechnik C</b> <i>Optical Communication C</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26005, M.048.92021	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / German or English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26005 Optische Nachrichtentechnik C : 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92021 Optical Communication C: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Vorlesung und Übung Optische Nachrichtentechnik C vermittelt Kenntnisse über verschiedene optische Modulations- und Demodulationsverfahren. <i>The lecture Optical Communication C gives knowledge in various optical modulation and demodulation techniques.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Modulationsverfahren (4 SWS, 6 Leistungspunkte): Datenübertragung mit differentieller binärer und quaternärer Phasenumtastung und optischen Verstärkern, Polarisationsmultiplex, kohärente optische Datenübertragung, Synchrondemodulation, Asynchrondemodulation, kohärente Basisbandempfänger, Polarisationsdiversität, elektronische Kompensation optischer Verzerrungen wie z.B. elektronische Polarisationsregelung und elektronische Kompensation von Polarisationsmodendispersion und chromatischer Dispersion, Phasenrauschen, weitere Modulationsverfahren. Fortschrittliche Modulationsverfahren sind eine wichtige Möglichkeit zur Weiterentwicklung leistungsfähiger optischer Nachrichtenübertragungssysteme. <i>Modulation Formats (4 SWS, 6 ECTS credit points): Data transmission by differential binary and quaternary phase shift keying in the presence of optical amplifiers, polarization division multiplex, coher-</i>			

ent optical data transmission, synchronous and asynchronous demodulation, coherent baseband receivers, polarization diversity, electronic compensators of optical distortions like electronic polarization control and electronic compensation of polarization mode dispersion and chromatic dispersion, phase noise, other modulation formats. Advanced modulation formats are an important possibility for the upgrading of high-performance optical information transmission systems.

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang

- 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, in the taught subjects, 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

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement

Keine / None

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations

Keine / None

## 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.

## 10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

The module is weighted according to the number of credits (factor 1).

<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b></p> <p>Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):  <i>Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7</li> <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>

## Hochfrequenzelektronik

<b>Hochfrequenzelektronik</b> <i>High-Frequency Electronics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26001, M.048.92017	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26001 Hochfrequenzelektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92017 High-Frequency Electronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie, Systemtheorie und Einführung in die Hochfrequenztechnik.			
Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			

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

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

#### **4 Inhalte / Contents**

##### **Kurzbeschreibung / Short Description**

Die Lehrveranstaltung Hochfrequenzelektronik vermittelt für den Entwurf von integrierten Hochfrequenzschaltkreisen erforderliche Kenntnisse aus den Gebieten Bauelementephysik, Halbleitertechnologie, Hochfrequenzschaltungstechnik und Aufbautechnik. Neben der Vermittlung von neuem Spezialwissen integriert sie zuvor in einer Vielzahl von Veranstaltungen erworbenes Wissen und bereitet somit unmittelbar auf eine berufliche Tätigkeit in diesem Bereich vor.

*The course High-Frequency Electronics provides necessary knowledge for the design of integrated high-frequency circuits ranging from device physics, semiconductor technology, high-frequency engineering, and packaging technology. Besides conveying new specialized knowledge, skills developed by various other courses are integrated, and thus students are directly prepared for a professional life in the field.*

##### **Inhalt / Contents**

Ausgehend von den physikalisch begründeten Eigenschaften verschiedener Halbleitermaterialsysteme werden Kenntnisse zur Funktion, Modellierung und Fertigung spezieller Hochfrequenztransistoren vermittelt. Anschließend werden für alle beim Entwurf eines Hochfrequenzverstärkers notwendigen Schritte die jeweils theoretischen Konzepte sowie das praktische Vorgehen erläutert. Danach werden als weitere Schaltungen Breitbandverstärker, Oszillatoren und Mischer sowie digitale Grundschaltungen dargestellt. Als derzeit besonders interessante Anwendungen werden optoelektronische Datenübertragungssysteme, Mixed-Signal Systeme wie ADC, DAC, digitale Synthesizer und PLL's, sowie Millimeterwellentransceiver besprochen. Die Veranstaltung schließt mit einem Überblick der im Hochfrequenzbereich eingesetzten Aufbau- und Verbindungstechniken.

*Starting from physically founded properties of different semiconductor systems, knowledge about the function, modeling, and fabrication of special high-frequency transistors is conveyed. Subsequently, all necessary steps of a high-frequency amplifier design are explained with respect to theoretical concepts and practical implementation. After that, further circuits such as broad-band amplifiers, oscillators, mixers and digital gates are presented. As currently most interesting applications, optoelectronic data transmission systems, mixed-signal systems such as ADC, DAC, digital synthesizers and PLL's, as well as millimeter wave transceivers are discussed. The course closes with an overview of high-frequency assembling and packaging technologies.*

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

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

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

- die für eine konkrete Aufgabenstellung optimale Halbleitertechnologie auszuwählen,
- den Entwurf eines integrierten Hochfrequenzschaltkreises auszuführen
- und die gefertigten Komponenten zu charakterisieren.

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

- *select the most suitable semiconductor technology for a given problem,*
- *run the complete design process of a high-frequency integrated circuit,*
- *and to characterize fabricated samples.*

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

Die Studierenden

- können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,
- beziehen in komplexe Optimierungsprobleme auch fertigungstechnische und ökonomische Aspekte ein,
- lernen das industrieübliche CAD-System ADS kennen

- und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

*The students*

- *can use of methodic knowledge for systematic problem analysis,*
- *include aspects of fabrication technology and economy into complex optimization problems,*
- *get familiar with the CAD system ADS, which is commonly used in industry*
- *and gain foreign language competences related to the field.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit überwiegenderm Tafelinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,
- Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters, teilweise unter Einsatz von CAD-Software 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, and partially using CAD software.*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

A. Thiede, High-Frequency Electronics, Vorlesungsskript Universität Paderborn

*A. Thiede, High-Frequency Electronics, Lecture Script University Paderborn*

Auf weiterführende und vertiefende Literatur wird in den jeweiligen Abschnitten des Vorlesungsskriptes verwiesen.



References to continuative and deepening literature can be found in the respective sections of the script.

## Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A

<b>Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A</b> <i>Polarization Aspects in Optical Communication A</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26008	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / German or English (depending on demand)
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26008 Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A: 2V+2Ü (60h / 120h / WP / 50) <i>L.048.26008 Polarization Aspects in Optical Communication A: 2L+2Ex (60h / 120h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Lehrveranstaltung 'Polarisationsaspekte in der Optischen Nachrichtentechnik A' vermittelt einen tieferen Einblick in die Bedeutung der Polarisation des Lichts. Gerade diese spielt in Physik und Technik eine besondere Rolle. <i>The lecture 'Polarization Aspects in Optical Communication A' gives a closer view into the importance of the polarization of the light. Especially this plays an important role in physics and engineering.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition und Darstellungen der Polarisation: Jones-Vektor, Stokes-Vektor und andere</li> <li>• Anisotrope Medien: Rolle der Eigenwerte und -vektoren, einachsige Kristalle, Faraday-Medien, Anwendungen</li> <li>• Polarisationstransformation: Polarisierungseinstellungen mit Faserschleifen, Polarisierungserhaltende Faser, Retarder, Soleil-Babinet-Kompensatoren und andere.</li> <li>• Polarisationsmodendispersion</li> <li>• Messung der Polarisation: Leistungsmessung mit Polarisatoren, Messung mit Lithiumniobat</li> <li>• Polarisatoren und Depolarisatoren</li>   <li>• <i>Definition and presentations of polarisation: Jones vector, Stokes vector and further</i></li> <li>• <i>Anisotropic media: Role of eigenvalues and -vectors, uniaxial crystals, Faraday media, applications</i></li> <li>• <i>Polarization transformer: Polarization adjustment using fiber loops, polarization maintaining fiber, retarders, Soleil-Babinet-compensators etc.</i></li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>polarization mode dispersion</i></li> <li>• <i>polarization measurement: power measurement using preceeding polarizers, Measurement using lithiumniobate</i></li> <li>• <i>polarizers, depolarizers</i></li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden können aufgrund der herausragenden Rolle der Polarisation bei der Optischen Nachrichtentechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deren physikalische Phänomene besser verstehen und</li> <li>• deren Bedeutung zu erkennen und anzuwenden.</li> </ul> <p><i>The students will be able to understand the important role of the polarization in the optical communication by</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>the the closer view of the underlying physical phenomenes</i></li> <li>• <i>and the application possibilities.</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studenten können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das hierbei erworbene Wissen disziplinübergreifend anwenden,</li> <li>• das methodenorientierte Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen,</li> <li>• sich selbst weiterbilden durch abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte.</li> </ul> <p><i>The studentents are able to</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>use the hereby acquired knowledge interdisciplinary,</i></li> <li>• <i>use the method-oriented approach in systematic analysis,</i></li> <li>• <i>develop themselves by abstract and precise treatment of the contents.</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Mündliche Prüfung / 30-45 min / 100%</p> <p><i>Oral Examination / 30-45 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievment</b>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EBA, WGMAET</p> <p><i>EBA, WGMAET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>



Sandel, David, Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://ont.upb.de>

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

- Noé, R., Heidrich, H., Hoffmann, D.: Endless polarization control systems for coherent optics. IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, pp. 1199-1207
- R. Noé, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage/2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation>, [https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization\\_\(waves\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves))
- [http://en.wikipedia.org/wiki/PM\\_fiber](http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber)
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik: Eine Einführung, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992, (umfassend, viel über Polarisation, viele Zwischenschritte fehlen)

### III.3.6 Prozessdynamik

Kataloname / <i>Name of catalogue</i>	Prozessdynamik <i>Process Dynamics</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Regelungstechnik</li> <li>• Mechatronik und elektrische Antriebe</li> <li>• Ultraschallmesstechnik</li> <li>• Mikrosensorik</li> <li>• Advanced Control Methods for Mechatronics</li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Regelungstechnik</li> <li>• Geregelte Drehstromantriebe</li> <li>• Advanced System Theory</li> <li>• Technische Akustik</li> <li>• Dynamic Programming and Stochastic Control</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 je Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>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.</p> <p>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.</p>

## Höhere Regelungstechnik

<b>Höhere Regelungstechnik</b> <i>Advanced Control</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i> M.048.27001, M.048.92037	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i> 6	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i> Winter- und Sommersemes- ter / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i> 1	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur /</b> <i>Module structure</i>			
L.048.27001 Höhere Regelungstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92037 <i>Advanced Control</i> : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls /</b> <i>Options within the module</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen /</b> <i>Admission requirements</i>			
Bachelorlehrveranstaltungen zur Regelungstechnik und Systemtheorie werden vorausgesetzt- Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Undergraduate-level systems theory and automatic control</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte /</b> <i>Contents</i>			
<b>Kurzbeschreibung /</b> <i>Short Description</i> 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. <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>			
<b>Inhalt /</b> <i>Contents</i>			
<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>• modelprädiktive 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> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <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>5 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> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die erworbenen Kenntnisse disziplinübergreifend einsetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse und Synthese einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p><i>Students learn</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to use systematic analysis and synthesis methods that can be used in a variety of disciplines, both in engineering and natural sciences</i></li> <li>• <i>precise methods based on abstractions that can be used to further independent learning.</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>

<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://control.upb.de/">http://control.upb.de/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafeleinsatz und Folien-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Simulationen am Rechner</li> <li>• <i>Lectures using blackboard and slides</i></li> <li>• <i>Tutorials with study guides and computer simulations</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Der Kurs basiert sich auf ausgewählte Teile der angefügten Literaturliste. Dazu werden Skript und Übungsblätter bereitgestellt. <i>The course uses a selection of material from the books included in the list below. In addition, lecture notes and study guides are provided.</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K. J. Astrom and B. Wittenmark, Computer controlled systems. Theory and design. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, second ed., 1990.</li> <li>• G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Control System Design. Prentice-Hall, 2001.</li> <li>• J. B. Rawlings and D. Q. Mayne, Model Predictive Control: Theory and Design. Madison, WI: Nob Hill Publishing, 2009.</li> <li>• B. D. O. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1979.</li> <li>• K. J. Astrom, Introduction to Stochastic Control Theory. New York, N.Y.: Academic Press, 1970.</li> </ul>

## Geregelte Drehstromantriebe

<b>Geregelte Drehstromantriebe</b> <b>Controlled AC Drives</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27013, M.048.92016	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27013 Geregelte Drehstromantriebe: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92016 Controlled AC Drives: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			

Die Teilnehmer sollten einen Bachelor-Kurs zu den Grundlagen elektrischer Antriebe bereits absolviert haben.

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*It is strongly recommended that the students should have already finished a Bachelor course on the basics of electrical drives*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

#### **4 Inhalte / Contents**

##### **Kurzbeschreibung / Short Description**

Die Lehrveranstaltung führt ein in das Prinzip der flussorientierten Regelung von Drehstrommotoren, welches mittlerweile den Stand der Technik in der industriellen elektrischen Antriebstechnik darstellt. Im Gegensatz zur Veranstaltung aus dem Bachelorprogramm werden hier das dynamische Verhalten und die Regelungsstrukturen vertieft. Als wichtigste Beispiele werden der permanent erregte Synchronmotor und der Asynchronmotor behandelt.

*The course introduces the principle of flux-oriented control of three-phase AC motors, which is today's standard of electrical drives in industry. Unlike the course of the bachelor's program focus is put on the dynamics behavior and on the control structures. As most important examples, the permanent magnet synchronous motor and the induction motor are treated.*

##### **Inhalt / Contents**

- Drehstrommaschinen: Synchronmotor und Asynchronmotor (Aufbau, Wirkungsweisen, Modellierung, Ersatzschaltbilder, Kennlinien, Arbeitsbereiche)
- Drehmoment und Drehzahl-Steuerung
- Raumzeigertheorie (Grundwellenfelder, Koordinatentransformationen)
- Prinzipien der flussorientierten Regelung
- Strom-, Drehmoment- und Drehzahl-Regelung, Entwurfsmethoden, Direct Torque Control (DTC), Beobachter
- Anwendungen aus Industrie, Straßen- und Schienenfahrzeugen
  
- *AC drives: Synchronous and induction motor (structure, basic physical effects, modeling, equivalent circuit diagrams, characteristic curves, operation areas)*
- *Speed and torque control*
- *Space vector theory (fundamental wave, coordinate transformation)*
- *Principles of flux-oriented control*
- *Closed-loop control of current, torque and speed, design methods*
- *Direct Torque Control (DTC)*
- *Observers*
- *Applications in industry, road and rail vehicles*

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

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

- Die Studenten verstehen der wichtigsten Arten von Drehstromantrieben und ihre Eigenschaften und sind in der Lage, selbständig solche Antriebe auszuwählen und zu entwerfen.
  
- *The students will understand the most important types of AC drives, their properties and should be able to select and to design such drives by themselves.*

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

Die Studenten lernen

- die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen
- erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen
- erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

<p><i>The students learn</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to transfer the learned skills also to other disciplines,</i></li> <li>• <i>extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the context of solving the exercises</i></li> <li>• <i>learn strategies to acquire knowledge from literature and internet.</i></li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://ei.uni-paderborn.de/lea/">http://ei.uni-paderborn.de/lea/</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>  Teile der Veranstaltung werden als Rechnerübung durchgeführt.  <i>Parts of the course are organized as computer-based exercises.</i></p>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.  <i>Lecture notes, slides. Other literature will be given in the lecture</i></p>

## Technische Akustik

<b>Technische Akustik</b> <i>Technical Acoustics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27022	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27022 Technische Akustik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.27022 Technical Acoustics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Lehrveranstaltung Technische Akustik konzentriert sich auf die Vermittlung der Grundlagen der Akustik mit dem Schwerpunkten Modellierung und Simulation von Schallausbreitung.			
<b>Inhalt / Contents</b> Die Vorlesung Technische Akustik behandelt folgende Themen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akustische und Schallfeldkenngrößen</li> <li>• Grundlagen der Wellenausbreitung</li> <li>• Hörakustik</li> <li>• Wellengleichungen</li> <li>• Modellierung</li> <li>• Elektro-akustische sowie akusto-elektrische Kopplungen</li> <li>• Analytische und numerische Simulation der Schallausbreitung</li> <li>• Materialdaten</li> <li>• Technische Schallquellen (Eigenschaften)</li> <li>• Schallfeldvisualisierung (zur Verifikation)</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schallausbreitungsvorgänge in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen mathematisch zu beschreiben und mittels analytischer oder numerischer Simulation zu analysieren.</li> </ul>			
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b> Die Studierenden <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> </ul>			



<ul style="list-style-type: none"> <li>sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <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>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

## Advanced System Theory

<b>Advanced System Theory</b> <i>Advanced System Theory</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.27018, M.048.92001	180	6	Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester /</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>

	<b>Semester number</b> 1-3	1	Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27018 Advanced System Theory: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92001 Advanced System Theory: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 100)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<p>Voraussetzung sind Grundkenntnisse von Differentialgleichungen, linearer Algebra und Laplace-Transformation, wie sie in einer typischen Systemtheorie-Vorlesung auf Bachelor Niveau behandelt werden.</p> <p>Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <p><i>Prerequisites are a basic understanding of differential equations, linear algebra, and Laplace transforms, as they are covered in a typical undergraduate course on system theory.</i></p> <p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Aufbauend auf einem Systemtheorie Kurs im Bachelor Studium untersucht dieser Kurs das dynamische Verhalten von linearen Systemen mit größerem mathematischem Tiefgang. 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>Building on an undergraduate system theory course, this course studies the dynamical behavior of linear systems with greater mathematical rigor. The course is primarily intended to serve students in engineering, but it can also be useful to students in physics and other natural sciences.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Systemmodelle und Differentialgleichungen, Zustandsraum- und I/O-Beschreibungen, Zusammenhang zwischen internen und externen Beschreibungen, Antwort zeitkontinuierlicher und -diskreter Systeme, Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Zustandsraumrealisierungen von externen Beschreibungen, Systeme mit Rückkopplung</p> <p><i>System models and differential equations, state-space and I/O descriptions, relations between internal and external descriptions, response of continuous- and discrete-time systems, stability, controllability, observability, state-space realizations of external descriptions, feedback systems</i></p>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<p>Nach dem Besuch dieser Veranstaltung sind die Studenten mit den wichtigsten Konzepten und Ergebnissen der linearen Systemtheorie vertraut. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Dieser Kurs soll ihnen Intuition und Gespür für das dynamische Verhalten linearer Systeme vermitteln, auf das sie später zurückgreifen können.</p> <p>Dieser Kurs behandelt Material in ausreichender Breite, so dass Studenten ein klares Bild vom dynamischen Verhalten linearer Systeme, einschließlich ihrer Leistungsfähigkeit und Grenzen, bekommen. Dadurch können Studenten die Theorie in anderen Gebieten anwenden.</p> <p><i>After attending this course, students will be familiar with the most important concepts and results in linear system theory. Students will develop confidence in their ability to solve mathematical problems of analysis and design. Many of their timeless insights and intuitions about the dynamical behavior of systems will be drawn from this course.</i></p> <p><i>This course presents material broad enough so that students will have a clear understanding of the dynamical behavior of linear systems, including their power and limitations. This will allow students to apply the theory to other fields.</i></p>			
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>			

<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>          Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / <i>Study achievement</i></b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / <i>Prerequisites for participation in examinations</i></b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / <i>Prerequisites for assigning credits</i></b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / <i>Weighing for overall grade</i></b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / <i>Reuse in degree courses</i></b></p>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / <i>Module coordinator</i></b></p>
<p>Schreier, Peter, Prof. Dr.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / <i>Other notes</i></b></p>
<p><b>Modulseite / <i>Module Homepage</i></b>  <a href="http://sst.upb.de/teaching">http://sst.upb.de/teaching</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>          Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner)  <i>Lectures and exercises (including some computer simulations)</i></p>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i></b>  <i>Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture</i></p>

## Dynamic Programming and Stochastic Control

<b>Dynamic Programming and Stochastic Control</b> <i>Dynamic Programming and Stochastic Control</i>			
<b>Modulnummer / <i>Module number</i></b> M.048.27025, M.048.92042	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / <i>Credits</i></b> 6	<b>Turnus / <i>Regular cycle</i></b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / <i>Semester number</i></b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / <i>Duration (in sem.)</i></b> 1	<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / <i>Module structure</i></b>			

L.048.27025 Dynamic Programming and Stochastic Control: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)  
L.048.92042 Dynamic Programming and Stochastic Control: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

- Grundkenntnisse der Regelung zeitdiskreter Systeme, wie z. B. durch das Modul Regelungstechnik
- Einführungsmodul zu Wahrscheinlichkeitsrechnung und Zufallsprozessen, wie z. B. durch das Modul Stochastik für Ingenieure

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

- *Basic knowledge on control of discrete-time systems, e.g. as covered in the course Regelungstechnik A - Automatic Control*
- *An introductory course on probability and random processes, e.g. the course Stochastik für Ingenieure*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

Dynamische Programmierung ist eine Methode zur Lösung von Entscheidungsproblemen, welche sich aus verschiedenen Abschnitten zusammensetzen, wobei das eigentliche Problem in verschiedene, einfacher zu handhabende Unterprobleme aufgeteilt wird. Derartige Methoden weisen vielfache Anwendungsmöglichkeiten auf, wie z.B. in der Optimierung, Steuerung und Regelung, Nachrichtentechnik und Machine Learning.

Dieser Kurs wird sich mit der Modellierung und Lösung sequentieller Entscheidungsprobleme unter Unsicherheit beschäftigen. Betrachtet werden sowohl Probleme mit endlicher, als auch mit unendlicher Anzahl von Abschnitten, sowie Fälle mit perfekter wie imperfekter Beobachtung des Systems. Die zur Lösung dieser Probleme benötigten numerischen Verfahren werden im Kursverlauf vorgestellt, wie z. B. suboptimale Verfahren bei großem Zustands- oder Handlungsraum.

*Dynamic programming is a method for solving decision making problems consisting of a number of stages, by breaking down the problem into simpler sub-problems. These methods have wide applicability in areas such as optimization, control, communications, and machine learning. This course will cover the modelling and solution of problems of sequential decision making under uncertainty.*

*We will consider problems with both a finite and an infinite number of stages, as well as cases with perfect and imperfect observations of the system. Numerical techniques for solving these problems will be described, including suboptimal methods for when the state and/or action spaces are large.*

### Inhalt / Contents

Zu den im Verlauf des Kurses behandelten Themen gehören

- The dynamic programming principle and dynamic programming algorithm
- Problems with perfect state information
- Problems with imperfect state information
- Infinite horizon problems
- Suboptimal methods and approximate dynamic programming

Im Verlauf des Kurses werden Anwendungsbeispiele aus Themenbereichen der Steuerungs- und Regelungstechnik, Kommunikationstechnik, Signalverarbeitung und dem Machine Learning vorgestellt.

*Topics to be covered in this course will include:*

- *The dynamic programming principle and dynamic programming algorithm*
- *Problems with perfect state information*
- *Problems with imperfect state information*
- *Infinite horizon problems*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Suboptimal methods and approximate dynamic programming</i></li> </ul> <p><i>Applications to problems in control, communications, signal processing and machine learning, including current research, will be given throughout the course.</i></p>
<p><b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b></p> <p><i>After attending this course, students will have understood the basics of dynamic programming and stochastic control. Students will learn the dynamic programming optimality principle and how it can be used to solve multi-stage decision making problems. They will learn how to formulate and solve, using dynamic programming, problems in different areas such as control, communications, signal processing, and machine learning.</i></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p> <p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Dynamic Programming and Stochastic Control</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p> <p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p> <p>Leong, Alex, Dr.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p> <p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://controlsystems.upb.de/en/lehre.html">http://controlsystems.upb.de/en/lehre.html</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>  Vorlesungen und Übungen  <i>Lectures and exercises</i></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  The main text will be:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol I, 3rd Ed, Athena Scientific, 2005</li> </ul> <p>Some other material will be taken from:</p>

- D. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol II, 4th Ed, Athena Scientific, 2012
- M. Puterman, Markov Decision Processes, John Wiley and Sons, 1994
- B. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering, Prentice-Hall, 1979,
- and various research papers.

## III.4 Projektarbeit

### Halbjahresprojekt

<b>Projektarbeit I</b>			
<i>Project I</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.28001 bis M.048.28499	<b>Workload (h)</b> 270	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 9	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemes- ter / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 2-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / <i>Ger- man or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.28001 - .28499 "Projektname (Projekt)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / WP / 25) <i>L.048.28001 - .28499 "Project name (Project)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / CE / 25)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>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 Berufs-feld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen.</p> <p><i>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.</i></p>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Lernziele:</b>			
<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>			
<b>Learning objectives</b>			



*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.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Referat / 30min / 100%

*Presentation / 30min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA

*EMA*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Lehrende des Instituts / *Lecturers of the institute*

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Projektarbeit II**

***Project II***

<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.28001 bis M.048.28499	270	9	Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	2-3	1	Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>

**1 Modulstruktur / Module structure**

L.048.28001 - .28499 "Projektname (Projekt)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / WP / 25)

*L.048.28001 - .28499 "Project name (Project)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / CE / 25)*

**2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module**



Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Keine / None
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>
<p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>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.</p> <p><i>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.</i></p>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Lernziele:</b></p> <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><b>Learning objectives</b></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>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / Final modul exam</p> <p>Referat / 30min / 100%</p> <p>Presentation / 30min / 100%</p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA EMA
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Lehrende des Instituts / Lecturers of the institute
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>

## Jahresprojekt

<b>Projektarbeit</b> <i>Project</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i>	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i>
M.048.28501 - M.048.28599	540	18	Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i>	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i>	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i>
	2-3	2	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.28501 - .28999 "Projektname (Projekt)": 18P (0 h - 270 h / 270 h - 540 h / WP / 25) <i>L.048.28501 - .28999 "Project name (Project)": 18P (0 h - 270 h / 270 h - 540 h / CE / 25)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
1 aus n <i>1 of n</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>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.</p> <p><i>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.</i></p>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			

**Lernziele:**

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.

***Learning objectives***

*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.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Referat / 30min / 100%

*Presentation / 30min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA

*EMA*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Lehrende des Instituts / *Lecturers of the institute*

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

## III.5 Masterarbeit

### Masterarbeit

<b>Masterarbeit</b> <i>Master thesis</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i>	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i>
A.048.20001	900	30	Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i>	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i>	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i>
	4	1	Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur /</b> <i>Module structure</i>			
<p>Die konkreten Inhalte der Masterarbeit 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 Masterarbeiten und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen.</p> <p><i>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.</i></p>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls /</b> <i>Options within the module</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen /</b> <i>Admission requirements</i>			
<b>4 Inhalte /</b> <i>Contents</i>			
<b>Kurzbeschreibung /</b> <i>Short Description</i>			
<b>Inhalt /</b> <i>Contents</i>			
<p>Die Masterarbeit 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 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>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen /</b> <i>Learning outcomes and competences</i>			
<b>Lernziele</b>			
Mit der Masterarbeit 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.

***Learning Objectives***

*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.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Masterarbeit

*Master thesis*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts / *Academic staff of the institute*

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**



# Modulhandbuch Teil „SoSe“

---

**Bachelor-Master-Studienprogramm Elektrotechnik**  
*Bachelor Version v6 (2017) & Master Version v4 (2017)*  
**(Bachelor: 6 Semester, Master: 4 Semester)**

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

Paderborn, 22. September 2017

## Inhaltsverzeichnis

<b>Modulhandbuch Teil „SoSe“</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 Katalogbeschreibungen</b> .....	<b>4</b>
<b>Schema der Lehrveranstaltungsbeschreibungen</b> .....	<b>5</b>
<b>Ermittlung des Arbeitsaufwandes</b> .....	<b>6</b>
<b>Pfungsmodalitäten</b> .....	<b>7</b>
<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten</b> .....	<b>8</b>
<b>Vermittlung von Schlüsselqualifikationen</b> .....	<b>8</b>
<b>Anwendungsbezug im Elektrotechnik-Studium</b> .....	<b>8</b>
<b>Ziele-Matrix</b> .....	<b>10</b>
<b>Bachelor-Studiengang Elektrotechnik</b> .....	<b>10</b>
<b>Master-Studiengang Elektrotechnik</b> .....	<b>12</b>
<b>I. Module im 1. Studienabschnitt des Bachelorstudiengangs</b> .....	<b>14</b>
<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>14</b>
<b>Modultabelle</b> .....	<b>14</b>
<b>I.1 Gebiet Mathematische Grundlagen</b> .....	<b>16</b>
<b>I.1.1 Höhere Mathematik I</b> .....	<b>16</b>
Höhere Mathematik I .....	16
<b>I.1.2 Stochastik</b> .....	<b>19</b>
Stochastik für Ingenieure .....	19
<b>I.2 Gebiet Elektrotechnische Grundlagen</b> .....	<b>22</b>
<b>I.2.1 Grundlagen der Elektrotechnik B</b> .....	<b>22</b>
Grundlagen der Elektrotechnik B .....	22
<b>I.2.2 Messtechnik</b> .....	<b>24</b>
Messtechnik .....	25
<b>I.2.3 Feldtheorie</b> .....	<b>27</b>
Feldtheorie .....	27

<b>I.3 Gebiet Technisch-physikalische Grundlagen</b> .....	<b>30</b>
<b>I.3.1 Technische Mechanik</b> .....	<b>30</b>
Technische Mechanik .....	30
<b>I.3.2 Werkstoffe der Elektrotechnik</b> .....	<b>32</b>
Werkstoffe der Elektrotechnik .....	33
<b>I.4 Gebiet Grundlagen der Informations- und Systemtechnik</b> .....	<b>36</b>
<b>I.4.1 Technische Informatik</b> .....	<b>36</b>
Technische Informatik .....	36
<b>I.4.2 Signaltheorie</b> .....	<b>41</b>
Signaltheorie .....	41
<b>I.4.3 Systemtheorie</b> .....	<b>44</b>
Systemtheorie.....	44
<b>I.5 Praktikum</b> .....	<b>48</b>
<b>I.5.1 Laborpraktikum</b> .....	<b>48</b>
Laborpraktikum und Projektseminar .....	48
<b>II. Module im 2. Studienabschnitt des Bachelorstudiengangs</b> .....	<b>52</b>
<b>II.1 Gebiet Vertiefungen</b> .....	<b>52</b>
<b>II.1.1 Katalog der Wahlpflichtmodule Informationstechnik</b> .....	<b>52</b>
Elemente digitaler Kommunikationssysteme .....	53
Zeitdiskrete Signalverarbeitung .....	55
Aktuelle Themen der Signalverarbeitung .....	57
<b>II.1.2 Katalog der Wahlpflichtmodule Mikrosystemtechnik</b> .....	<b>59</b>
Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme .....	59
Halbleiterprozesstechnik .....	62
<b>II.1.3 Katalog der Wahlpflichtmodule Automatisierungstechnik</b> .....	<b>65</b>
Industrielle Messtechnik .....	66
Regenerative Energien .....	68
<b>II.2 Bachelorarbeit</b> .....	<b>72</b>
Bachelorarbeit .....	74
<b>II.3 Gebiete Fachdidaktik und Bildungswissenschaft / Berufspädagogik</b> .....	<b>76</b>
<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>76</b>
<b>Modultabelle</b> .....	<b>76</b>
<b>II.3.1 Bildungswissenschaften/Berufspädagogik</b> .....	<b>76</b>
Kompetenzentwicklung.....	76
Berufspädagogik.....	79
<b>II.3.2 Fachdidaktik</b> .....	<b>82</b>
Grundmodul Technikdidaktik .....	82
<b>II.4 Gebiete Optoelektronik und Photonik</b> .....	<b>85</b>
<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>85</b>
<b>Modultabelle</b> .....	<b>85</b>
<b>II.4.1 Moderne Optik</b> .....	<b>85</b>
Moderne Optik .....	85
<b>II.4.2 Quantenmechanik</b> .....	<b>87</b>
Quantenmechanik .....	87
<b>III. Module im Masterstudiengang</b> .....	<b>90</b>
<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>90</b>
<b>Modultabelle</b> .....	<b>90</b>
<b>III.1 Gebiet Theoretische Elektrotechnik</b> .....	<b>91</b>
<b>III.1.1 Theoretische Elektrotechnik</b> .....	<b>91</b>
<b>III.2 Gebiet Statistische Signale</b> .....	<b>91</b>



<b>III.2.1 Statistische Signal</b> .....	<b>91</b>
<b>III.3 Kataloge der Wahlpflichtmodule</b> .....	<b>92</b>
<b>III.3.1 Energie und Umwelt</b> .....	<b>92</b>
Bauelemente der Leistungselektronik .....	93
Leistungselektronik.....	95
Messstochastik .....	98
Solar Electric Energy Systems .....	100
<b>III.3.2 Kognitive Systeme</b> .....	<b>103</b>
Digital Image Processing II.....	103
Biomedizinische Messtechnik.....	106
Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel .....	108
Robotik .....	111
Statistische Lernverfahren und Mustererkennung.....	113
<b>III.3.3 Kommunikationstechnik</b> .....	<b>117</b>
Digitale Sprachsignalverarbeitung .....	118
Elektromagnetische Feldsimulation .....	121
Wireless Communication.....	124
Videotechnik .....	128
Ausgewählte Kapitel der Theoretischen Elektrotechnik .....	131
Feldberechnung mit der Randlelementmethode .....	133
Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode .....	135
Topics in Signal Processing .....	137
Optical Waveguide Theory .....	139
<b>III.3.4 Mikroelektronik</b> .....	<b>142</b>
RFID Funketiketten.....	143
Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation.....	145
Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip.....	149
Analoge CMOS-Schaltkreise.....	151
Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits.....	154
Advanced VLSI Design.....	155
<b>III.3.5 Optoelektronik</b> .....	<b>159</b>
Optische Nachrichtentechnik B .....	160
Optische Nachrichtentechnik D .....	162
Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B .....	164
<b>III.3.6 Prozessdynamik</b> .....	<b>167</b>
Höhere Regelungstechnik .....	168
Mechatronik und elektrische Antriebe .....	170
Ultraschallmesstechnik.....	173
Mikrosensorik .....	175
Advanced Control Methods for Mechatronics.....	177
<b>III.4 Projektarbeit</b> .....	<b>181</b>
Halbjahresprojekt.....	181
Jahresprojekt.....	184
<b>III.5 Masterarbeit</b> .....	<b>186</b>
Masterarbeit.....	186

## Abkürzungsverzeichnis

LP:	Leistungspunkte	CP	Credit Point
SWS	Semesterwochenstunden	SWS	Semester load (weekly hours)
2V	Vorlesung mit 2 SWS	2L	Lecture ( <i>Vorlesung</i> ) with 2 SWS
2Ü	Übung mit 2 SWS	2Ex	Exercise ( <i>Übung</i> ) with 2 SWS
WS	Wintersemester	WS	Winter semester
SS	Sommersemester	SS	Summer semester
2P	Projekt mit 2 SWS	2P	Project with 2 SWS
2S	Seminar mit 2 SWS	2S	Seminar with 2 SWS
P	Pflicht	C	Compulsory
WP	Wahlpflicht	CE	Compulsory elective

## Vorbemerkungen

Die Katalog- und Modulbeschreibungen in diesem Modulhandbuch sollen

- Ziele, Inhalte und Zusammenhänge des Studienganges auf der Ebene von Modulen und Module / 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 Katalogbeschreibungen

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	
Module / Modules	Angaben zu den Module / des Moduls finden sich in den Lehrveranstaltungsbeschreibungen
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	
Leistungspunkte / Credits ECTS	Gesamtarbeitsaufwand des Kataloges in Leistungspunkten pro zu wählendem Modul. Details dazu gibt es weiter unten unter der Überschrift <b>Ermittlung des Arbeitsaufwandes.</b>
Lernziele / / Learning objectives	Angaben zu den Lernergebnissen, die von den Studierenden im Katalog erreicht werden sollen.

## Schema der Lehrveranstaltungsbeschreibungen

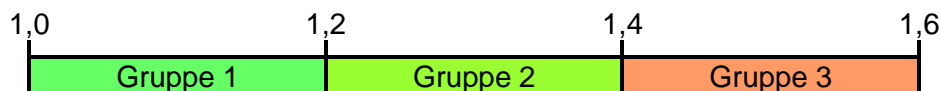
<b>Modulname / Module name</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte/ Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Lan- guage</b>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
Kursnummer Kursname: Lehrform mit SWS (Konkaktzeit (h) / Selbststudium (h) / Status / Gruppen- größe) Course number Course name: Type with SWS (Time of attendance (h) / Self-study (h) / Status / Group size)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls/ Options within the module</b>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>			
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievment</b>			
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in exami- nations</b>			
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>			
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>			
<b>11 Verwendung anderen Studiengängen / Reuse in degree Modules</b>			
Angabe, in welchen weiteren Studiengängen die Module, bzw. die in den Modulen verwendeten Lehrveranstaltungen weiter verwendet werden.			
<b>Abkürzungen Bachelor-Studiengänge</b>		<b>Abkürzungen Master-Studiengänge</b>	
EBA	Elektrotechnik	EMA	Elektrotechnik
CEBA	Computer Enginnering	CEMA	Computer Enginnering

WGBAET	Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik	WGMAET	Wirtschaftsingenieurwesen Elektrotechnik
BA LABKET	Lehramt an Berufskolleg Elektro- rotechnik	MA LABKET	Lehramt an Berufskolleg Elektro- technik
		ESEMA	Electrical Systems Engineering
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>			
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>			
<b>Modulseite / Module Homepage</b>			
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>			
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>			
<b>Bemerkungen / Comments</b>			

## Ermittlung des Arbeitsaufwandes

Das Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik hat jedem Modul des Bachelor-Master-Programms unter Abschätzung des Aufwandes, den Studierende für einen erfolgreichen Abschluss erbringen müssen, Leistungspunkte 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 Modulen 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 Module / 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 Leistungspunkte 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

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 Leistungspunkte (LP) angegeben. Der Arbeitsaufwand (workload) WL, die Präsenzzeit PZ und die Selbststudiumszeit SZ in Stunden sind damit über folgende Beziehungen verknüpft:

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

## Püfungsmodalitäten

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 Klausur 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.

- Eine qualifizierte Teilnahme liegt vor, wenn die erbrachten Leistungen erkennen lassen, dass eine mehr als nur oberflächliche Beschäftigung mit den Gegenständen, die einer Aufgabenstellung zugrunde lagen, stattgefunden hat. Der Nachweis der qualifizierten Teilnahme kann in einem Modul verlangt werden, wenn dies zur Sicherung des Kompetenzerwerbs im Modul erforderlich ist. Der Nachweis der qualifizierten Teilnahme in einem Modul kann Voraussetzung für die Vergabe der Leistungspunkte sein. Der Nachweis der qualifizierten Teilnahme erfolgt insbesondere durch eine oder mehrere Kurzklausuren, ein Fachgespräch, die Anfertigung eines Protokolls oder eine Präsentation.
- Die Prüfungsformen und -modalitäten 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. Die Bekanntgabe erfolgt in der Regel im Campus Management System oder durch Aushang.

## **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 Bachelorstudiums im Wesentlichen durch das Absolvieren des Laborpraktikums, der Ableistung des Programmier-Projekts und des Projektseminars, die Anfertigung der Bachelorarbeit und den Vortrag über die Bachelorarbeit. 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 Masterstudiums erfolgt die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen im Wesentlichen durch die Anfertigung von zwei Projekt-Arbeiten bzw. einer Jahresprojektarbeit und der Masterarbeit, 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 Module /, in denen sowohl im Bachelor- als auch im Masterstudiengang 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 Bachelorstudiums – 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 Bachelorstudium 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 Bachelorstudiums, 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 Bachelorstudium ist ein breit gefächertes Anwendungsbezug, der sich einer starren Festlegung seiner Verteilung und Ausprägung im Modulhandbuch entzieht.

Im Masterstudiengang ist der Anwendungsbezug deutlicher als im Bachelorstudium ausgeprägt durch die zusätzliche Abwicklung von Projektarbeiten, die immerhin einen Anteil von 15% des Gesamtstudienumfanges ausmachen.

## Ziele-Matrix

### Bachelor-Studiengang Elektrotechnik

Übergeordnete Kompetenzziele	Befähigungsziele im Sinne von Lernergebnissen	Entsprechende Module
Mathematisch-naturwissenschaftliche Qualifikation	Die Absolventen und Absolventinnen beherrschen die Grundlagen der Mathematik, die für die Behandlung elektrotechnischer Fragestellungen benötigt werden und haben gelernt, elementare technisch-mathematische Aufgabenstellungen zu analysieren und methodisch zu lösen.	Pflichtmodule Höhere Mathematik I, Höhere Mathematik II Stochastik für Ingenieure
	Sie beherrschen die Grundkenntnisse in experimenteller Physik und technischer Mechanik und können Sachverhalte physikalisch analysieren, sowie einfache physikalische und mechanische Problemstellungen lösen.	Pflichtmodule Physik, Technische Mechanik
Fachwissenschaftliche Qualifikation	Sie beherrschen die Grundlagen der Elektrotechnik und Elektrodynamik und haben gelernt, grundlegende elektrotechnische Fragestellungen und Feldprobleme methodisch zu analysieren und zu berechnen.	Pflichtmodule Grundlagen der Elektrotechnik I, Grundlagen der Elektrotechnik II, Feldtheorie, Elektromagnetische Wellen
	Sie verstehen den Aufbau, die Herstellung, die Funktionsweise und die Modellierung passiver und aktiver elektronischer Bauelemente. Sie haben gelernt, grundlegende elektronische Bauelemente und Schaltungen zu analysieren, zu modellieren und zu entwerfen.	Pflichtmodule Werkstoffe, Halbleiterbauelemente, Schaltungstechnik
	Sie kennen die soft- und hardwaretechnischen Grundlagen digitaler Rechnersysteme. Sie können digitale Rechnersysteme beschreiben, analysieren und können einfache Systeme auf Basis einschlägiger Methoden entwerfen.	Pflichtmodul Technische Informatik
	Sie kennen die formalen Methoden zur Modellierung und Analyse zeitkontinuierlicher und zeitdiskreter Signale, sowie dynamischer, linearer, zeitkontinuierlicher Systeme.	Pflichtmodule Signaltheorie und Systemtheorie



	Sie sind in der Lage diese Methoden im Hinblick auf Modellierung und Entwurf derartiger Signale und Systeme anzuwenden.	
	Sie kennen prozedurale und objektorientierte Programmiersprachen und verstehen deren grundlegenden Konzepte. Sie können einfache Softwaresysteme verstehen, beschreiben und implementieren.	Pflichtmodul Datenverarbeitung
Berufsqualifikation	Sie haben - entsprechend den persönlichen Neigungen und Fähigkeiten - vertieftes Wissen in einem der Anwendungsgebiete Automatisierungstechnik, Informationstechnik oder Mikrosystemtechnik erworben. Sie sind zur Modellierung, Analyse und zum methodischen Entwurf von Systemen entsprechend der gewählten Vertiefungsrichtung befähigt.	Wahlpflichtmodule
	Sie können erarbeitetes Fachwissen praktisch umsetzen und sind auf den Eintritt in das betriebliche oder wissenschaftliche Arbeitsumfeld vorbereitet.	Pflichtmodul Laborpraktikum
Persönlichkeitsbezogene Schlüsselqualifikationen	Sie können kleine Projekte organisieren und durchführen.	Pflichtmodul Laborpraktikum mit Projektseminar Bachelor-Arbeit
	Sie können sich selbständig in zukünftige Entwicklungen des Faches einarbeiten. Sie haben eine wissenschaftlich forschende Grundhaltung erworben, die sie zu lebenslangem Lernen befähigt.	Wahlpflichtmodule Pflichtmodul Laborpraktikum mit Projektseminar Bachelor-Arbeit
	Sie können Fachwissen pflegen und kommunizieren, sowie Ideen und Konzepte klar, logisch und überzeugend in mündlicher und schriftlicher Form zielgruppengerecht darstellen.	Studium Generale Wahlpflichtmodule Pflichtmodul Laborpraktikum mit Projektseminar Bachelor-Arbeit
	Sie verstehen Teamprozesse und können Leistungen im Team erbringen.	Projekt Angewandte Programmierung Pflichtmodul Laborpraktikum
Befähigung zu gesellschaftli-	Sie können problemorientiert, interdisziplinär und ganzheitlich vernetzt denken und handeln.	Studium Generale Wahlpflichtmodule Projektseminar Bachelor-Arbeit

cher Verantwortung und Engagement	Sie können die gesellschaftliche und ethische Bedeutung des Faches einordnen. Sie sind in der Lage, fundierte Urteile abzuleiten, die gesellschaftliche und wissenschaftliche Erkenntnisse – insbesondere im Hinblick auf die Auswirkungen des technologischen Wandels – berücksichtigen.	Studium Generale
-----------------------------------	---	------------------

## Master-Studiengang Elektrotechnik

Übergeordnete Studienziele	Befähigungsziele im Sinne von Lernergebnissen	Entsprechende Module
Fachwissenschaftliche Qualifikation	Die Absolventen und Absolventinnen haben vertieftes elektrotechnisches Wissen über das Niveau des Bachelor-Studiengangs hinaus, insbesondere im Bereich elektromagnetischer Felder und Wellen. Sie sind zur vertieften mathematischen Beschreibung von elektrodynamischen Problemen, sowie zu Analyse und Entwurf von Hochfrequenz-Bauelementen befähigt.	Pflichtmodul Theoretische Elektrotechnik
	Sie haben vertieftes Wissen im Bereich Signalverarbeitung und statistischer Modellierung über das Niveau des Bachelor-Studiengangs hinaus. Sie können physikalische Signale und symbolische Daten mit Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung beschreiben, analysieren und verarbeiten.	Pflichtmodul Verarbeitung statistischer Signale
	Sie haben ihr methodisches Wissen vertieft und um neue inhaltliche Fragestellungen erweitert. Sie sind zur Modellierung, Analyse und zum methodischen Entwurf von Systemen entsprechend der gewählten Vertiefungsrichtungen befähigt.	Wahlpflichtmodule
	Sie können komplexe Aufgabenstellungen auf Basis fachspezifischen Wissens erkennen, formulieren und strukturieren, methodisch analysieren und lösen.	Wahlpflichtmodule Projektmodul Master-Arbeit
	Sie können interdisziplinäres Wissen mit Verfahren und Werkzeugen der Ingenieurwissenschaft problembezogen anwenden und weiterentwickeln. Sie können technologische Anforderungen analysieren und wissenschaftliche Methoden weiterentwickeln.	Wahlpflichtmodule Projektmodul Master-Arbeit
	Sie haben - entsprechend den persönlichen Neigungen und Fähigkeiten - vertieftes Wis-	Wahlpflichtmodule

Berufs- qualifikation	sen in spezifischen elektrotechnischen Teilgebieten erworben. Sie sind zur Modellierung, Analyse und zum methodischen Entwurf von Systemen entsprechend der gewählten Gebiete befähigt.	
	Sie haben erweiterte Kenntnisse im Schnittstellenbereich zwischen Elektrotechnik und angrenzenden Wissenschaften erworben, Sie können Problemstellungen im interdisziplinären Umfeld erkennen, formulieren und beschreiben.	Studium Generale Projektmodul
	Sie können erarbeitetes Fachwissen nach dem Stand der Technik auf eine konkrete Aufgabenstellung anwenden und sind auf den Eintritt in das betriebliche oder wissenschaftliche Arbeitsumfeld vorbereitet.	Projektmodul Master-Arbeit
Persönlich- keitsbezogene Schlüsselqualifikationen	Sie können kleine Projekte organisieren und durchführen.	Projektmodul Master-Arbeit
	Sie können sich selbständig in zukünftige Entwicklungen des Faches einarbeiten. Sie haben eine wissenschaftlich forschende Grundhaltung erworben, die sie zu lebenslangem Lernen befähigt.	Wahlpflichtmodule Projektmodul Master-Arbeit
	Sie können Fachwissen pflegen und kommunizieren und Ideen und Konzepte klar, logisch und überzeugend in mündlicher und schriftlicher Form zielgruppengerecht darstellen.	Wahlpflichtmodule Projektmodul Master-Arbeit
	Sie verstehen Teamprozesse und können Leistungen im Team erbringen.	Projektmodul
Befähigung zu gesellschaftlicher Verantwortung und Engagement	Sie können problemorientiert, interdisziplinär und ganzheitlich vernetzt denken und handeln	Studium Generale Projektmodul Master-Arbeit
	Sie können die gesellschaftliche und ethische Bedeutung des Faches einordnen. Sie können fundierte Urteile ableiten, die gesellschaftliche und wissenschaftliche Erkenntnisse – insbesondere im Hinblick auf die Auswirkungen des technologischen Wandels – berücksichtigen.	Studium Generale Projektmodul Master-Arbeit

# I. Module im 1. Studienabschnitt des Bachelorstudiengangs

## Vorbemerkungen

Der Bachelorstudiengang Elektrotechnik mit einem Gesamtumfang von 180 Leistungspunkten (gemäß ECTS) ist aus zwei Abschnitten aufgebaut. Im ersten Studienabschnitt (4 Semester im Vollzeit-Studiengang) werden die technikkwissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik vermittelt. Im zweiten Studienabschnitt (2 Semester im Vollzeit-Studiengang) sind Kenntnisse und Fähigkeiten in den drei fachspezifischen Katalogen

- Informationstechnik
- Mikrosystemtechnik
- Automatisierungstechnik

zu erwerben, wobei die Studierenden in jeder Disziplin Freiraum erhalten, um aus einem vorgegebenen Katalog von Wahlpflichtmodulen nach eigenen fachlichen Interessen zu wählen. Im ersten Abschnitt des Bachelorstudienganges müssen die Studierenden 18 Pflichtmodule mit den in der folgenden Tabelle angegebenen Leistungspunkten absolvieren (die ersten 18 Module).

Im zweiten Abschnitt sind 3 fachwissenschaftliche Pflichtmodule verankert. Und aus jedem der 3 fachspezifischen Kataloge ist jeweils ein Wahlpflichtmodul zu absolvieren; darüber hinaus ist noch ein einziges Wahlpflichtmodul aus einem der 3 Kataloge zu 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 Bachelorarbeit im Umfang von 12 Leistungspunkten.

Damit ergibt sich das gesamte Bachelorstudium ein Umfang von 180 Leistungspunkten.

## Modultabelle

Gebiet	Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	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 für Ingenieure	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	5
	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	5
	Halbleitertechnologie	Halbleitertechnologie	5
Grundlagen der Informations- und Systemtechnik	Datenverarbeitung	Grundlagen der Programmierung für Ingenieure	8
		Projekt Angewandte Programmierung	
	Technische Informatik	Digitaltechnik	8

		Rechnerarchitektur	
	Signaltheorie	Signaltheorie	5
	Systemtheorie	Systemtheorie	5
Praktikum	Laborpraktikum	Laborpraktikum A, B, C	8
		Projektseminar	
Vertiefungen	Nachrichtentechnik	Nachrichtentechnik	5
	Schaltungstechnik	Schaltungstechnik	5
	Regelungstechnik	Regelungstechnik	5
	1 Wahlpflichtmodul aus Katalog Informationstechnik	je nach gewähltem Modul	6
	1 Wahlpflichtmodul aus Katalog Mikrosystemtechnik	je nach gewähltem Modul	6
	1 Wahlpflichtmodul aus Katalog Automatisierungstechnik	je nach gewähltem Modul	6
	1 Wahlpflichtmodul aus Katalog Informationstechnik oder aus Katalog Mikrosystemtechnik oder aus Katalog Automatisierungstechnik	je nach gewähltem Modul	6
	Studium Generale	nach Wahl der Studierenden in nicht-elektrotechnischen Gebieten	6
		Bachelorarbeit	12
<b>Gesamt</b>			<b>180</b>

# I.1 Gebiet Mathematische Grundlagen

## I.1.1 Höhere Mathematik I

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Höhere Mathematik I Advanced I</b>
Module / Modules	Höhere Mathematik I / Advanced Mathematics I
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Peter Schreier, Ph.D.
Leistungspunkte / Credits ECTS	16
Lernziele / Learning objectives	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.

### Höhere Mathematik I

#### Hinweis:

- Das Modul „Höhere Mathematik I“ startet nur im Wintersemester!
- Die Veranstaltung „Höhere Mathematik B für Elektrotechniker“ findet dagegen im Sommersemester statt!

<b>Höhere Mathematik I Advanced Mathematics I</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.105.9501	<b>Workload (h)</b> 480	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 16	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-2	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 2	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.105.95100 Höhere Mathematik A für Elektrotechniker: 4V + 2Ü (90 h / 150h / P / 250) 2.) L.105.95200 Höhere Mathematik B für Elektrotechniker: 4 V+2 Ü (90 h / 150 h / P / 250) 1.) L.105.95100 Advanced Mathematics A for Electrical Engineers: 4 L+2 Ex (90 h / 150 h / C / 250) 2.) L.105.95200 Advanced Mathematics B for Electrical Engineers: 4 L+2 Ex (90h / 150 h / C / 250)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			

#### 4 Inhalte / Contents

##### Kurzbeschreibung / Short Description

1.) Die Vorlesung bietet eine erste Einführung in die Grundlagen der Mathematik, die während des Studiums der Elektrotechnik benötigt werden. Insbesondere werden Grundbegriffe und Grundtechniken der Analysis behandelt (Differential- und Integralrechnung in einer reellen Variablen).

2.) 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.

##### Inhalt / Contents

1.)

- Grundlagen: Mengen und Funktionen (insbesondere Polynomfunktionen, Exponentialfunktion und trigonometrische Funktionen), Vektorrechnung in  $\mathbf{R}^2$  und  $\mathbf{R}^3$ , komplexe Zahlen, vollständige Induktion
- Konvergenz und Stetigkeit: reelle und komplexe Zahlenfolgen, Grenzwerte, Stetigkeit reeller Funktionen, Zwischenwertsatz
- Differentialrechnung in einer reellen Variablen: Differentialquotient, Differenzierbarkeit Ableitungsregeln, Mittelwertsatz, Extremwertprobleme, Taylorpolynome
- Integralrechnung in einer reellen Variablen: Riemann-Integral, Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung, Integrationsmethoden
- Gewöhnliche Differentialgleichungen: Trennung der Variablen, lineare Differentialgleichungen erster Ordnung
- Unendliche Reihen: Konvergenzkriterien, Potenzreihen, Taylorreihen,

2.)

- Lineare Algebra: Vektorräume, Basis und Dimension, Skalarprodukt, lineare Gleichungssysteme und Matrizen, Gauß-Algorithmus, Determinanten, Eigenwerte und Eigenvektoren
- Differentialgleichungen: lineare Differentialgleichungen höherer Ordnung, Systeme linearer Differentialgleichungen
- Differentialrechnung in mehreren Variablen: Konvergenz, Stetigkeit, Differenzierbarkeit, partielle Ableitungen, Kettenregel, Extremwerte mit und ohne Nebenbedingungen

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

1.)

##### Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

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

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

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

Die Studierenden

- haben die 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.

2.)

##### Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

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.

<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben die große Bedeutung der mathematisch-methodischen Denkweise (Definition, Satz, Beweis) erkannt,</li> <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>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur / 120-180 min / 100% <i>Written Examination / 120-180 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EBA, WGBAET, CEBA, LABABKET <i>EBA, WGBAET, CEBA, LABABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Dozenten des Instituts für Mathematik / Lectures in Mathematics</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www2.math.uni-paderborn.de/">http://www2.math.uni-paderborn.de/</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <p>1.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafelinsatz, teilweise Folien- bzw. Beamer-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen, in denen die theoretischen Konzepte in Kleingruppen vertieft werden</li> <li>• fakultative Zentralübung zur Unterstützung des Selbststudiums</li> </ul> <p>2.)</p> <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>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b></p> <p>1.) Hinweise auf Lehrbücher werden in der Vorlesung gegeben. 2.) Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</p>



**Bemerkungen / Comments**

Materialien und aktuelle Informationen werden für alle in PAUL angemeldeten Teilnehmer auf der Lernplattform koala zur Verfügung gestellt:

<http://koala.uni-paderborn.de>

**I.1.2 Stochastik**

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Stochastik / Probability</b>
Module / Modules	Stochastik für Ingenieure / Probability for Engineers
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Peter Schreier, Ph.D.
Leistungspunkte / Credits ECTS	5
Lernziele / Learning objectives	<p>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.</p> <p><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></p>

## Stochastik für Ingenieure

<b>Stochastik für Ingenieure Probability for Engineers</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.10704	150	5	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	4	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10704 Stochastik für Ingenieure: 2V + 2Ü (60 h / 90 h / P / 200)			
L.048.10704 Probability for Engineers: 2L + 2Ex (60 h / 90 h / C / 200)			

<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
<p>Modul Höhere Mathematik; Signaltheorie sollte zumindest gleichzeitig belegt werden Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <p><i>Module „Höhere Mathematik“ (Advanced Math); "Signaltheorie" (signal theory) should be taken at least concurrently</i></p> <p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p>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.</p> <p><i>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.</i></p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>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.</p> <p><i>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.</i></p>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b></p> <p>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.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b></p> <p>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.</p> <p><b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b></p> <p><i>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).</i></p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b></p> <p><i>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>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / Final modul exam Klausur / 90-150 min / 100% <i>Written Examination / 90-150 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None

<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, CEBA, MA LABKET <i>EBA, CEBA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Schreier, Peter, Prof. Ph.D.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://sst.upb.de/teaching">http://sst.upb.de/teaching</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <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 and some computer exercises</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> 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>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Grundlagen der Elektrotechnik B Fundamentals of Electrical Engineering B</b>
Module / Modules	Grundlagen der Elektrotechnik B / Fundamentals of Electrical Engineering B
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	8
Lernziele / Learning objectives	<p>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.</p> <p><i>The students develop a confident handling of 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 and more accustomed to considerations on abstract levels and thus to recognize wider relationships.</i></p>

### Grundlagen der Elektrotechnik B

<b>Grundlagen der Elektrotechnik B Fundamentals of Electrical Engineering B</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.10102	240	8	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	2	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10102 Grundlagen der Elektrotechnik B: 4V + 2Ü (90 h / 150 h / P / 300)			

L.048.10102 Fundamentals of Electrical Engineering B: 4L + 2Ex (90 h / 150 h/ C / 300)
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
GET-A HM-A Physik und Mathematik auf Oberstufenniveau Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<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: Elektrostatische Kraft, Lorentzkraft, magnetische Kräfte</li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
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. Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills Die Studenten können Sachverhalte zunehmend abstrahieren und größere Zusammenhänge erkennen.
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / Final modul exam Klausur / 120-180 min / 100% Written Examination / 120-180 min / 100%
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>

<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET <i>EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen und Übungen mit überwiegendem Tafelinsatz, 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>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> 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

## I.2.2 Messtechnik

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Messtechnik Metrology</b>
Module / Modules	Messtechnik / Metrology
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	5
Lernziele / Learning objectives	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.

## Messtechnik

<b>Messtechnik</b> <i>Metrology</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10202	<b>Workload (h)</b> 150	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 5	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 4	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10202 Messtechnik: 2V + 2Ü (60 h / 90 h / P / 150 ) L.048.10202 Metrology: 2L + 2Ex (60 h / 90 h / C / 150)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Grundlagen der Elektrotechnik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
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>			
Die Vorlesung gliedert sich wie folgt			
<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>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>			
Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,			
<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> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <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> 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>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur / 90-150 min / 100% <i>Written Examination / 90-150 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET <i>EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> 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.
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.



### I.2.3 Feldtheorie

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Feldtheorie Field Theory</b>
<b>Module / Modules</b>	Feldtheorie / Field Theory
<b>Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor</b>	Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.
<b>Leistungspunkte / Credits ECTS</b>	6
<b>Lernziele / Learning objectives</b>	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.

### Feldtheorie

<b>Feldtheorie Field Theory</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10302	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 4	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10302 Feldtheorie: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 150 ) L.048.10302 Field Theory: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 150 )			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Grundlagen der Elektrotechnik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> 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.

### **Inhalt / Contents**

Die Vorlesung Feldtheorie gliedert sich wie folgt

- Elektrostatik: Elektrostatische Kraft, elektrisches Feld, Feldlinien, Gaußsches Gesetz, elektrostatisches Potential, Energie, Leiter, Kapazität, Lösung von Laplace- und Poissongleichung, Multipolentwicklung, Dielektrika
- Magnetostatik: Lorentzkraft, Gesetz von Biot-Savart, Amperesches Gesetz, Vektorpotential, Magnetische Felder in Materie
- Vervollständigung der Maxwell'schen Gleichungen

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

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills  
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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur / 120-180 min / 100%

*Written Examination / 120-180 min / 100%*

### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

### **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

### **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

### **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

### **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EBA, WGBAET, CEBA

*EBA, WGBAET, CEBA*

### **12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.

### **13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://www.tet.upb.de>

**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.

## I.3 Gebiet Technisch-physikalische Grundlagen

### I.3.1 Technische Mechanik

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Technische Mechanik Technical Mechanics</b>
Module / Modules	Technische Mechanik / Technical Mechanics
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	<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>

### Technische Mechanik

<b>Technische Mechanik Technical Mechanics</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.104.1154	180	6	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	2	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.104.12180 Technische Mechanik für Elektrotechniker: 3V (45 h / 60 h / P / 200 )			
2.) L.104.12380 Technische Mechanik für Elektrotechniker (Übung): 2Ü (30 h / 45 h / P / 200 )			
1.) L.104.12180 Technical Mechanics for Electrical Engineers: 3L (45 h / 160 h / C / 200)			
2.) L.104.12180 Technical Mechanics for Electrical Engineers (Exercise): 2Ex (30 h / 45 h / C / 200)			

<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</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. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Vorlesung behandelt die Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte (Statik), die Grundlagen der Festigkeitslehre und die Grundlagen der Dynamik. Der Schwerpunkt liegt auf Grundlagen und der Vermittlung des Methodenwissens.
<b>Inhalt / Contents</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. Festigkeitslehre 3.1 Spannungen und Verzerrungen im Stab 3.2 Stoffgesetze und Festigkeitsnachweise 3.3 Reihen- und Parallelschaltung elastischer Stabsysteme 3.4 Statisch unbestimmte Stabsysteme 3.5 Wärmedehnung und Wärmespannung 3.6 Biegeverformung von Balken 3.7 Statisch unbestimmte Balkenprobleme 3.8 Schub- und Torsionsbeanspruchungen  4. Dynamik 4.1 Kinematik des Massenpunktes 4.2 Kinetik des Massenpunktes 4.3 Kinematik des starren Körpers 4.4 Kinetik des starren Körpers 4.5 Schwingungen
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
Die Studierenden kennen die Grundlagen und Methoden der Statik, der Festigkeitslehre und der Dynamik und können diese auf technische Problemstellungen anwenden. Sie können Auflagerreaktionen, Gelenkkkräfte und Schnittgrößen von statisch bestimmten und statisch unbestimmten ebenen Bauteilen ermitteln. Ferner sind sie in der Lage, von solchen Bauteilen Spannungen und Verformungen zu bestimmen und einen Festigkeitsnachweis durchzuführen. Außerdem können die Studierenden die Grundlagen der Kontaktmechanik mit und ohne Reibung auf reale Strukturen anwenden. Die Studierenden können die Prinzipien der Technischen Mechanik anwenden, um die Gleichungen, die das dynamische Verhalten einfacher mechanischer Systeme beschreiben, herzuleiten und zu lösen.
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / Final modul exam 1.) Klausur / 120-180 min / 100% 2.) --- 1.) Written Examination / 120-180 min / 100% 2.) ---

<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1)</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, TMBA, IBA m. NF MB
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Kullmer, Gunter, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://mb.uni-paderborn.de/mud/lehre/lehrangebote-bachelor/">http://mb.uni-paderborn.de/mud/lehre/lehrangebote-bachelor/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Tafel, Overheadprojektor und Beamer</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern</li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Richard H.A.; Sander, M.: Technische Mechanik. Statik; Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2013</li> <li>- Richard H.A.; Sander, M.: Technische Mechanik. Festigkeitslehre; Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2013.</li> <li>- Richard H.A.; Sander, M.: Technische Mechanik. Dynamik; Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2014.</li> </ul>
<b>Bemerkungen / Comments</b> <b>Zielgruppe:</b> Studierende der Elektrotechnik, der Ingenieurinformatik, der Technomathematik und der Informatik mit Nebenfach Maschinenbau

### I.3.2 Werkstoffe der Elektrotechnik

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Werkstoffe Materials</b>
Module / Modules	Werkstoffe der Elektrotechnik / Materials for Electrical Engineering
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	5

Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Das Modul „Werkstoffe der Elektrotechnik“ 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>
---	--

### Werkstoffe der Elektrotechnik

<b>Werkstoffe der Elektrotechnik</b> <i>Materials for Electrical Engineering</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.10401	150	4	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	2	1	Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10401 Werkstoffe der Elektrotechnik: 2V + 1Ü ( 45 h / 105 h / P / 150 ) <i>L.048.10401 Materials for Electrical Engineering: 2L + 1Ex (45 h / 105 h / C / 150 )</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and Foundations of Electrical Engineering.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
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.			

Sie bildet somit ein Fundament für die Lehrveranstaltung Halbleiterbauelemente und darüber hinaus für eine Vielzahl von weiterführenden Lehrveranstaltungen wie insbesondere Halbleiterschaltungstechnik 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.*

### **5 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.*

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur / 90-150 min / 100%

*Written Examination / 90-150 min / 100%*

### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*



<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET <i>EBA, WGBAET, CEBA, BA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/wks.html">http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/wks.html</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegender 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>Lernmaterialien, 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.4 Gebiet Grundlagen der Informations- und Systemtechnik

### I.4.1 Technische Informatik

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Technische Informatik Computer Engineering</b>
Module / Modules	Technische Informatik / Computer Engineering
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.
Leistungspunkte / Credits ECTS	8
Lernziele / Learning objectives	<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 Rechen-systeme 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>

### Technische Informatik

<b>Technische Informatik Computer Engineering</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.079.0602	240	8	Winter- und Sommersemester / winter and summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	2-3	2	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.079.12090 Digitaltechnik: 2V + 2Ü (60 h / 60 h / P / 0)			

- 2.) L.079.12100 Rechnerarchitektur: 2V + 2Ü (60 h / 60 h / P / 0)  
 1.) L.079.12090 Digital Design: 2L + 2Ex (60 h / 60 h / P / 0)  
 2.) L.079.12100 Computer Architecture: 2L + 2Ex (60 h / 60 h / P / 0)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Keine / None

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

1.) 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.

2.) Die Veranstaltung „Grundlagen der Rechnerarchitektur“ gibt eine Einführung in den Aufbau und Entwurf moderner Rechensysteme. Insbesondere wird vermittelt, wie durch ein effizientes Zusammenspiel von Hardware und Software kostengünstige und leistungsstarke Rechner entwickelt werden können.

1.) *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.*

2.) *The course „Introduction to Computer Architecture“ deals with the design of modern computer systems. The focus lies on understanding the hardware/software interface and optimizing the cost/performance trade-off.*

### Inhalt / Contents

1.) Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Darstellung von Information und Fehlerkorrigierende Codes
- Boolesche Algebra
- Gatter und Schaltnetze
- Logikoptimierung (Optimierung zweistufiger Logik nach Quine/McCluskey)
- Automaten und Schaltwerke (festverdrahtet, mikroprogrammierbar)
- Arithmetische Einheiten als Entwurfsbeispiele
- Entwurf auf Register-Transfer-Ebene
- Hardware-Beschreibungssprachen und Entwurf mit VHDL

2.) Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Grundstrukturen, von Neumann Rechner
- Leistungsbewertung
- Befehlssätze und Assemblerprogrammierung
- Datenpfad und Steuerung
- Pipelining
- Speicherhierarchie, insb. Cache-Management und virtueller Speicher
- Ein-/Ausgabe

1.) *In detail the following topics are covered:*

- *Representation of information and error correcting codes*
- *Boolean Algebra*
- *Gates and combinational logic*
- *Logic optimization (Optimization of two-level logic using the Quine/McCluskey algorithm)*
- *Finite state machines and sequential circuits*
- *Arithmetic units as design examples*
- *Design at Register-Transfer-Level*

- *Hardware-Description Languages and VHDL design*

2.) *In detail the following topics are covered:*

- *Basic architectures, von Neumann computer*
- *Evaluating performance*
- *Instruction set architectures and assembler programming*
- *Data path and control*
- *Pipelining*
- *Memory hierarchy, in particular cache-management und virtual memory*
- *IO-Interface*

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

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

#### **1.) 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.

#### **2.) Fachliche Kompetenzen / Professional Competences**

- Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,
- den Aufbau eines modernen Rechners sowie das Zusammenspiel von Hardware und Software zu beschreiben,
- die zugrunde liegenden allgemeinen Entwurfsprinzipien und -strategien zu erklären und anzuwenden,
- Rechensysteme im Hinblick auf Leistung und Kosten zu analysieren und bewerten, sowie
- selbständig einfache Assemblerprogramme zu schreiben.

#### **1.) 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.*

2.) *After attending the course, the students will be able*

- *to describe the organization and the hardware/software interface of a modern computer,*
- *to explain the underlying general design principles and strategies and to apply them,*
- *to analyze and evaluate computer systems with respect to cost and performance, and*
- *to write simple assembler programs.*

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

#### **1.) 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.

## 2.) 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.

### 1.) (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.*

### 2.) (Soft) Skills

*The students*

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

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulteilprüfung / *Partial modul exams*

1.) Klausur / 90-150 min / 50%

2.) Klausur / 90-150 min / 50%

1.) *Written Examination* / 90-150 min / 50%

2.) *Written Examination* / 90-150 min / 50%

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement*

Keine / *None*

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*

Keine / *None*

## 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden sind.

*The credit points are awarded after both module examinations (MTP) were passed.*

## 10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

## 11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

## 12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.

## 13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

## Methodische Umsetzung / *Implementation*

1.)

- 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)

2.)

- Vorlesung mit Beamer und Tafel
- Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer
- Praktische Übungen zur Assemblerprogrammierung am Rechner

1.)

- *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)*

2.)

- *Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard*
- *Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions*
- *Hands-on exercises on assembler programming*

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

1.)

- Vorlesungsfolien
- J. F. Wakerly, „Digital Design,“ 4th Edition, Upper Saddle River, NJ: Pearson / Prentice Hall, 2007
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs

2.)

- Vorlesungsfolien
- D. A. Patterson, J. L. Hennessy: Computer Organization & Design – The Hardware / Software Interface (3rd Edition); Morgan Kaufmann, 2007; ISBN: 978-0-12-370606-5, ISBN-10: 0-12-370606-8
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs

1.)

- *Handouts of lecture slides*
- *J. F. Wakerly, „Digital Design,“ 4th Edition, Upper Saddle River, NJ: Pearson / Prentice Hall, 2007*
- *Additional links to books and other material available in koala*

2.)

- *Handouts of lecture slides*
- *D. A. Patterson, J. L. Hennessy: Computer Organization & Design – The Hardware / Software Interface (3rd Edition); Morgan Kaufmann, 2007; ISBN: 978-0-12-370606-5, ISBN-10: 0-12-370606-8*
- *Additional links to books and other material available in koala*

## I.4.2 Signaltheorie

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Signaltheorie Signal Theory</b>
<b>Module / Modules</b>	Signaltheorie / Signal Theory
<b>Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor</b>	Prof. Dr. Peter Schreier
<b>Leistungspunkte / Credits ECTS</b>	5
<b>Lernziele / Learning objectives</b>	<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>

### Signaltheorie

<b>Signaltheorie Signal Theory</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.10701	150	5	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	4	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10701 Signaltheorie: 2V + 2Ü ( 60 h / 90 h / P / 200 ) L.048.10701 Signal Theory: 2L + 2Ex ( 60 h / 90 h / C / 200 )			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			

Keine / None

### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

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

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

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

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

### 4 Inhalte / Contents

#### Kurzbeschreibung / Short Description

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.

*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*

### 5 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.

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

Klausur / 90-150 min / 100%

Written Examination / 90-150 min / 100%

### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / None

### **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / None

### **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  
*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

### **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  
*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

### **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET

*EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET*

### **12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Schreier, Peter, Prof. Dr.

### **13 Sonstige Hinweise / Other notes**

#### **Modulseite / Module Homepage**

[sst.upb.de/teaching](http://sst.upb.de/teaching)

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

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

#### **Lernmaterialien, 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.4.3 Systemtheorie

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Systemtheorie System Theory</b>
Module / Modules	Systemtheorie / System Theory
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
Leistungspunkte / Credits ECTS	5
Lernziele / Learning objectives	<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>

### Systemtheorie

<b>Systemtheorie System Theory</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.10702	150	5	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	4	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10702 Systemtheorie: 2V + 2Ü ( 60 h / 90 h / P / 200)			
L.048.10702 System Theory: 2L + 2Ex ( 60 h / 90 h / C / 200)			

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / *Options within the module*

Keine / *None*

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / *Admission requirements*

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik.  
Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electronics.  
Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## 4 Inhalte / *Contents*

### Kurzbeschreibung / *Short Description*

Die Systemtheorie stellt universelle Werkzeuge für die domänenübergreifende Analyse von dynamischen Systemen bereit. Dies ermöglicht die systematische Untersuchung von Systemen aus sehr unterschiedlichen Anwendungsbereichen, wie etwa der Energieversorgung, der Mobilität oder der Verfahrenstechnik. Die Veranstaltung bietet eine Einführung in die Systemtheorie. Es werden grundlegende Konzepte und Methoden vorgestellt, mathematisch formalisiert und angewendet. Weiterführende Anwendungen in der Signaltheorie, der Automation und der Regelungstechnik werden vorbereitet.

*Systems theory provides universal tools for cross-domain analysis of dynamical systems. It allows to systematically investigate systems from very different fields of application such as power supply, mobility, or process engineering. The course offers an introduction to systems theory. Fundamental concepts and methods are presented, mathematically formalized, and applied. We further prepare advanced applications in signals theory, automation, and control engineering.*

### Inhalt / *Contents*

Die Veranstaltung beginnt mit der systematischen Modellierung von dynamischen Systemen. Dabei wird illustriert, dass Bilanzgleichungen der Schlüssel zur Beschreibung vieler Prozesse sind. Die resultierenden mathematischen Modelle führen häufig auf Differentialgleichungssysteme. Es wird gezeigt, dass Zustandsraummodelle und Übertragungsfunktionen eine kompakte und universelle Darstellung derartiger Systeme erlauben. Anschließend wird erläutert, wie die mathematischen Modelle zur Vorhersage des Systemverhaltens und der Berechnung von Systemreaktionen genutzt werden können. Im zweiten Teil der Veranstaltung geht es um die Untersuchung wesentlicher Eigenschaften dynamischer Systeme. Zunächst werden Anforderungen an lineare, zeitinvariante und kausale Systeme definiert. Anschließend wird die Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit derartiger Systeme untersucht. Im weiteren Verlauf wird der Frequenzgang und die Stabilität (von Ruhelagen) linearer Systeme diskutiert. Da der Großteil realer Prozesse zeitkontinuierlich abläuft, liegt der Fokus der Veranstaltung auf zeitkontinuierlichen Systemen. Die Überwachung und Regelung derartiger Prozesse basiert jedoch häufig auf zeitdiskreten Signalen. Im letzten Teil der Veranstaltung wird daher die Diskretisierung zeitkontinuierlicher Systeme behandelt. Für die resultierenden zeitdiskreten Systeme werden wiederum Konzepte wie Steuerbarkeit, Frequenzgang und Stabilität untersucht. Abschließend wird die systematische Identifikation zeitdiskreter Systeme anhand von gemessenen Ein- und Ausgangssignalen kurz angesprochen.

*The course starts with the systematic modelling of dynamical systems. We illustrate that balance equations are essential for the description of many processes. The resulting mathematical models usually are systems of differential equations. We show that state space models and transfer functions offer a compact and universal way of describing those systems. Next, we address the prediction of the systems' behavior based on the derived mathematical model. The second part of the course deals with the analysis of central characteristics of dynamical systems. We initially define our understanding of linear, time-invariant and causal systems. Afterwards, we analyze controllability and observability of those systems. Furthermore, frequency responses and stability (of equilibria) of linear systems are discussed. Since most real processes operate in continuous-time, the focus of the course is on continuous-time systems. However, monitoring and control often builds on discrete-time signals. The last part of the course thus addresses the discretization of continuous-time systems. For the resulting discrete-time systems, we reconsider concepts like controllability, frequency response, and stability. Finally, the systematic identification of discrete-time systems based on measured input and output signals is briefly discussed.*

## 5 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*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur / 90-150 min / 100%

*Written Examination / 90-150 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EBA, WGBAET, CEBA

*EBA, WGBAET, CEBA*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Schulze Darup, Moritz, Dr.

### 13 Sonstige Hinweise / Other notes

#### **Modulseite / Module Homepage**

<http://controlsystems.upb.de/lehre.html>

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

Die Vorlesung baut auf Folien in Kombination mit Tafelanschriften auf. Es finden Präsenzübungen mit Übungsaufgaben und gelegentliche Demonstrationen am Rechner statt.

*The course is taught based on slides in combination with writing on the board. There will be exercises and occasional demonstrations with computers.*

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

Lernmaterialien, ein Skript und Verweise auf weiterführende Literatur werden während der Veranstaltung bereitgestellt.

*Course material, lecture notes, and additional literature will be provided during the lecture.*

## I.5 Praktikum

### I.5.1 Laborpraktikum

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Laborpraktikum <i>Laboratory Course</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laborpraktikum A / <i>Practical course A</i></li> <li>• Laborpraktikum C / <i>Practical course C</i></li> <li>• Projektseminar / <i>Project Seminar</i></li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laborpraktikum B / <i>Practical course B</i></li> <li>• Projektseminar / <i>Project Seminar</i></li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	8
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	Die Studierenden sollen ihre in den elektrotechnischen Vorlesungen der ersten vier Semester des Bachelorstudiums Elektrotechnik erworbenen Kenntnisse praktisch vertiefen.  <i>The students are expected to be have deepened their knowledge taught them in electrical Modules during the first four semesters of the Bachelorprogram.</i>

### Laborpraktikum und Projektseminar

Laborpraktikum und Projektseminar <i>Laboratory work experience and Project seminar</i>			
<b>Modulnummer / <i>Module number</i></b> M.048.108XX	<b>Workload (h)</b> 240	<b>Leistungspunkte / <i>Credits</i></b> 8	<b>Turnus / <i>Regular cycle</i></b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / <i>Semester number</i></b> 2-4	<b>Dauer (in Sem.) / <i>Duration (in sem.)</i></b> 3	<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / <i>Module structure</i></b>			
1.) L.048.10801 Laborpraktikum A: 2 Prakt. (30 h / 30 h / P / 100)			
2.) L.048.10802 Laborpraktikum B: 2 Prakt. (30 h / 30 h / P / 100)			
3.) L.048.10803 Laborpraktikum C: 2 Prakt. (30 h / 30 h / P / 100)			

- 4.) L.048.10804 - .10899 Projektseminar: 2S (30 h / 30 h / WP / 25)  
 1.) L.048.10801 Laboratory work experience A: 2 Prakt. (30 h / 30 h / C / 100)  
 2.) L.048.10802 Laboratory work experience B: 2 Prakt. (30 h / 30 h / C / 100)  
 3.) L.048.10803 Laboratory work experience C: 2 Prakt. (30 h / 30 h / C / 100)  
 4.) L.048.10804 - .10899 Project seminar: 2S (30 h / 30 h / CE / 25)

## **2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module**

- 4.) 1 aus n Projektseminaren  
 4.) 1 of n Project seminars

## **3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements**

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

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

## **4 Inhalte / Contents**

### **Kurzbeschreibung / Short Description**

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 selbstständig 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 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

### **5 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.

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulteilprüfung / *Partial modul exams*

1.) Gesamtheit der 6-8 Laborexperimente, die gleichgewichtet in die Note der Modulteilprüfung eingehen / 25%



2.) Gesamtheit der 6-8 Laborexperimente, die gleichgewichtet in die Note der Modulteilprüfung eingehen / 25%
3.) Gesamtheit der 6-8 Laborexperimente, die gleichgewichtet in die Note der Modulteilprüfung eingehen / 25%
4.) Referat / 30 min / 25%
1.) <i>the totality of 6-8 experiments, which are equally weighted in the partial module exam / 25%</i>
2.) <i>the totality of 6-8 experiments, which are equally weighted in the partial module exam / 25%</i>
3.) <i>the totality of 6-8 experiments, which are equally weighted in the partial module exam / 25%</i>
4.) <i>presentation / 30 min / 25%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden sind. <i>The credit points are awarded after all module examinations (MTP) were passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, BA LABKET <i>EBA, WGBAET, BA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="#">PAUL</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laborpraktische Übung</li> <li>• Bearbeitung einer Aufgabe in einem Projektseminar</li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Praktikumsunterlagen mit Literaturhinweisen stehen online zur Verfügung.

## II. Module im 2. Studienabschnitt des Bachelorstudiengangs

### II.1 Gebiet Vertiefungen

#### II.1.1 Katalog der Wahlpflichtmodule Informationstechnik

Ein Wahlpflichtmodul aus diesem Katalog muss gewählt werden; ein weiteres Wahlpflichtmodul kann gewählt werden, falls zur weiteren fachspezifischen Vertiefung die Disziplin Informationstechnik gewählt wird.

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Informationstechnik <i>Information Technology</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elemente digitaler Kommunikationssysteme / <i>Elements of Digital Communication Systems</i></li> <li>• Zeitdiskrete Signalverarbeitung / <i>Discrete-Time Signal Processing</i></li> <li>• Signalverarbeitung / <i>Current topics in signal processing</i></li> <li>• Aktuelle Themen der Signalverarbeitung</li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Informationsübertragung / <i>Optical Information Transmission</i></li> <li>• Introduction to Algorithms</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 je Modul
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Der Katalog Informationstechnik enthält eine Reihe von Modulen 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.</p> <p><i>The catalogue Information Technology Catalogue deepens the knowledge and expertise in the field of processing and transmission of information. By choosing a module of the catalogue students will be given more detailed insight into a specific discipline, be it in the field of digital communications, signal processing, software engineering or signal theory</i></p>

## Elemente digitaler Kommunikationssysteme

<b>Elemente digitaler Kommunikationssysteme</b> <i>Elements of digital communication systems</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10902	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10902 Elemente digitaler Kommunikationssysteme: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.10902 Elements of digital communication systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus der Lehrveranstaltung Nachrichtentechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Veranstaltung Elemente digitaler Kommunikationssysteme ergänzt und erweitert den Stoff der Lehrveranstaltung Nachrichtentechnik. Durch die Darstellung von Zeitsignalen als Vektoren in einem Signalraum können nach einem Entwurfskriterium optimale Empfängerstrukturen anschaulich hergeleitet werden. Dies eröffnet ein besseres Verständnis der ansonsten verwirrenden Vielzahl an Übertragungssystemen. Heutige gängige Übertragungsverfahren, wie beispielsweise Verfahren, die auf Bandspreizung beruhen oder Mehrträgerverfahren, werden vorgestellt und deren Vor- und Nachteile diskutiert. Die Vorlesung endet mit einer Einführung in die Kanalcodierung.			
<b>Inhalt / Contents</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung von Signalen als Vektoren</li> <li>• Herleitung des optimalen Empfängers</li> <li>• Orthogonale Multipulsmodulation und optimaler kohärenter und inkohärenter Empfänger</li> <li>• Behandlung von Intersymbolinterferenzen (Entzerrung, Sequenzdetektion)</li> <li>• Mehrträgerübertragungstechnik (Orthogonal Frequency Division Multiplex)</li> <li>• Bandspreizung (Direct Sequence Spread Spectrum)</li> <li>• Zugriffsverfahren: Zeit/Frequenz/Code-Vielfachzugriff</li> <li>• Kanalcodierung: Blockcodes, Faltungscodes, soft- und hard-decision DeKodierung</li> </ul>			
Praxisbezug <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realisierung der wesentlichen Basisbandkomponenten eines digitalen Empfängers in Matlab</li> </ul>			
<b>5 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,			

- eine geeignete Modulationsart für gegebene Randbedingungen bzgl. Bandbreite, Sendeleistung, Art der Störung auf dem Kanal und Komplexität der Realisierung auszuwählen
- Die Leistungsfähigkeit von Übertragungssystemen bzgl. Bandbreitebedarf und Fehlerrate zu berechnen und zu bewerten, auch in Bezug auf die zu erwartende Rechenkomplexität
- Durch eine anschauliche Darstellung von Signalen als Vektoren in linearen Räumen auch komplexe nachrichtentechnische Systeme zu verstehen
- Für eine gegebene zeitdiskrete Kanalbeschreibung einen geeigneten Entzerrer zu entwerfen
- Für ein vorgegebenes Codierschema den Codierer und Decodierer zu entwerfen
- Mittels digitaler Signalverarbeitung eine Realisierung zu erstellen.

### Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

Die Studierenden

- Erkennen die Vorteile einer Darstellung von Signalen als Vektoren in linearen Räumen und können sie disziplinübergreifend einsetzen, etwa für andere Fragestellungen im Bereich der digitalen Signalverarbeitung
- Erlernen Fertigkeiten in der Programmierumgebung Matlab,
- können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse von Kommunikationssystemen einsetzen und
- sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

### 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Mündliche Prüfung oder Klausur / 30-45 min oder 120-180 min / 100%

*Oral or Written Examination / 30-45 min or 120-180 min / 100%*

### 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement*

Keine / *None*

### 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*

Keine / *None*

### 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

### 10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

### 11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET

*EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET*

### 12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr. -Ing.

### 13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

**Modulseite / *Module Homepage***

<http://nt.upb.de/index.php?id=edk>

**Methodische Umsetzung / *Implementation***

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation

- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig nachrichtentechnische Teilsysteme implementieren
- Hausaufgaben zum selbständigen Einüben der Vorlesungsinhalte durch die Studierenden und als Feedback des erworbenen Wissensstandes und der Transferkompetenz

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung

- K.-D. Kammeyer, Nachrichtenübertragung, Teubner, 2004.
- J. Proakis und M. Salehi „Grundlagen der Kommunikationstechnik“, Pearson Studium, 2004
- E. Lee und D. Messerschmitt, „Digital Communication“, Kluwer, 2002

**Zeitdiskrete Signalverarbeitung**

<b>Zeitdiskrete Signalverarbeitung</b> <i>Discrete-Time Signal Processing</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10908	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10908 Zeitdiskrete Signalverarbeitung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.10908 Discrete-Time Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus der Lehrveranstaltung Nachrichtentechnik und Signaltheorie Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<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>			

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

### Fachliche Kompetenzen / *Professional Competence*

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

- Zeitdiskrete Signale und Systeme im Zeit- und Frequenzbereich mit Methoden der 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

## 6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Mündliche Prüfung oder Klausur / 30-45 min oder 120-180 min / 100%

*Oral or Written Examination / 30-45 min or 120-180 min / 100%*

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement*

Keine / *None*

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*

Keine / *None*

## 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

## 10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

## 11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET

*EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET*

## 12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Schmalenströer, Jörg, Dr. –Ing.

## 13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

<http://nt.upb.de/index.php?id=zds>

**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

**Lernmaterialien, 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

Aktuelle Themen der Signalverarbeitung

<b>Aktuelle Themen der Signalverarbeitung</b> <i>Current topics in signal processing</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.10910	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.10910 Aktuelle Themen der Signalverarbeitung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)			
L.048.10910 <i>Current topics in signal processing</i> : 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra			
Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<i>Signal and system theory, at least a basic understanding of probability and linear algebra</i>			
<i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<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.			
<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>			
<b>Inhalt / Contents</b>			



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.*

#### **5 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.*

#### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%

*Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%*

#### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

#### **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

#### **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

#### **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

#### **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EBA, WGBAET, CEBA

*EBA, WGBAET, CEBA*

#### **12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Schreier, Peter, Prof. Dr.

#### **13 Sonstige Hinweise / Other notes**

##### **Modulseite / Module Homepage**

<http://sst.uni-paderborn.de/teaching/courses/>

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

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

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

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

Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.

*References will be given in the first lecture.*



## II.1.2 Katalog der Wahlpflichtmodule Mikrosystemtechnik

Ein Wahlpflichtmodul aus diesem Katalog muss gewählt werden; ein weiteres Wahlpflichtmodul kann gewählt werden, falls zur weiteren fachspezifischen Vertiefung die Disziplin Mikrosystemtechnik gewählt wird.

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Mikrosystemtechnik <i>Micro Systems Technologies</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <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> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Hochfrequenztechnik / <i>Introduction to High Frequency Engineering</i></li> <li>• Grundlagen des VLSI-Entwurfs / <i>Foundations of VLSI-Design</i></li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 je Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Der Katalog „Mikrosystemtechnik“ beinhaltet verschiedene Module 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 modules 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>

<b>Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme</b> <i>Quality Assurance for Micro-Electronic Systems</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.11003	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.11003 Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.11003 Quality Assurance for Micro-Electronic Systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Grundlagen der Technischen Informatik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Introduction to Computer Engineering</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> 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.  <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>			
<b>Inhalt / Contents</b> Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:			
<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>			
<i>In detail the following topics are covered:</i>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Dependability models and evaluation</i></li> <li>• <i>Redundant architectures</i></li> <li>• <i>Error correcting codes and self-checking circuits</i></li> <li>• <i>Test and built-in self-test</i></li> <li>• <i>Binary Decision Diagrams (BDDs) and equivalence checking</i></li> <li>• <i>Temporal logic and model checking</i></li> </ul>			

<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competences</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerursachen und Defektmechanismen im gesamten Lebenszyklus eines Systems zu beschreiben,</li> <li>• Techniken zur Fehlervermeidung, Fehlererkennung und Fehlertoleranz zu erklären und anzuwenden, und</li> <li>• Systeme im Hinblick auf ihre Zuverlässigkeit zu analysieren und bewerten.</li> </ul>
<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b></p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen,</li> <li>• ihre Lösungen den anderen Teilnehmern präsentieren und</li> <li>• die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.</li> </ul> <p><i>After attending the course, the students will be able</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to describe fault and defect mechanisms throughout the life cycle of a system,</i></li> <li>• <i>to explain and apply techniques for fault avoidance, fault detection, and fault tolerance,</i></li> <li>• <i>to analyze systems with respect to dependability measures.</i></li> </ul> <p><i>The students</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>are able to apply the practiced strategies for problem solving across varying disciplines,</i></li> <li>• <i>have experience in presenting their solutions to their fellow students, and</i></li> <li>• <i>know how to improve their competences by private study.</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET</p> <p><i>EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>

Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://www.date.uni-paderborn.de/lehre/lehrveranstaltungen/>

**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 solutions*
- *Hands-on exercises using various software tools*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

- Vorlesungsfolien
- W. K. Lam, „Hardware Design Verification,“ Prentice Hall, 2005, ISBN 978-0131433472
- M. L. Bushnell, V. D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory & Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000
- I. Koren and C. Mani Krishna, „Fault-Tolerant Systems,“ Morgan Kaufmann Publishers, 2007
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs
  
- *Handouts of lecture slides*
- *W. K. Lam, “Hardware Design Verification,“ Prentice Hall, 2005, ISBN 978-0131433472*
- *M. L. Bushnell, V. D. Agrawal, “Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory & Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000*
- *I. Koren and C. Mani Krishna, “Fault-Tolerant Systems,“ Morgan Kaufmann Publishers, 2007*
- *Additional links to books and other material available in koala*

Halbleiterprozesstechnik

<b>Halbleiterprozesstechnik</b>			
<b><i>Semiconductor Device Integration</i></b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.11005	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.11005 Halbleiterprozesstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)			
L.048.11005 Semiconductor Device Integration: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			

### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

#### Halbleiterbauelemente

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

#### *Semiconductor Devices*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

### 4 Inhalte / Contents

#### **Kurzbeschreibung / Short Description**

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 Vereinzelung der Chips, das Bonden sowie die Kapselung (packaging) der mikroelektronischen Schaltungen runden den Inhalt der Vorlesung ab.

*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.*

#### **Inhalt / Contents**

Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Herstellung von Siliziumscheiben
- Oxidation des dotierten Siliziums
- Lithografie
- Ätztechnik
- Dotiertechniken
- Depositionsverfahren
- Metalisierung und Kontakte
- Scheibenreinigung
- MOS-Technologien zur Schaltungsintegration

*In detail the following topics are covered:*

- *Fabrication of Silicon-Wafers*
- *Oxidation*
- *Lithography*
- *Etching*
- *Doping*
- *Depositing*
- *Metallization and contacts*
- *Cleaning steps*
- *MOS-Technology for integrated circuits*

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

#### **Fachliche Kompetenzen**

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

- oben aufgeführte Verfahren zu erklären und sie zielführend zu beeinflussen,
- 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.*

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Mündliche Prüfung oder Klausur / 30-45 min oder 120-180 min / 100%

*Oral oder Written Eximination / 30-45 min oder 120-180 min / 100%*

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*

Keine / *None*

## 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

## 10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

## 11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EBA, WGBAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

*EBA, WGBAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET*

## 12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.

## 13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

**Modulseite / *Module Homepage***

<http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre>

**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*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

- Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides
- Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie
- Schumicki, Seegebrecht: Prozesstechnologie
- Widmann, Mader: Technologie hochintegrierter Schaltungen
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite / Additional links to books and other material available at the webpage
- *Sze: VLSI Technology*
- *Chen: The VLSI Handbook*

*Additional links to books and other material available at the webpage*

### II.1.3 Katalog der Wahlpflichtmodule Automatisierungstechnik

Ein Wahlpflichtmodul aus diesem Katalog muss gewählt werden; ein weiteres Wahlpflichtmodul kann gewählt werden, falls zur weiteren fachspezifischen Vertiefung die Disziplin Automatisierungstechnik gewählt wird.

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Automatisierungstechnik <i>Automation Technology</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrielle Messtechnik / <i>Industrial Masurement Engineering</i></li> <li>• Regenerative Energien / <i>Renewable Energies</i></li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Antriebstechnik / <i>Electrical Drives</i></li> <li>• Messtechnische Signalanalyse mit MATLAB und Python / <i>Metrological Signal Analysis with MATLAB and Python</i></li> <li>• Modellprädiktive Regelung und konvexe Optimierung / <i>Model predictive control and convex optimization</i></li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 je Modul / <i>6 per module</i>



Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>In dem Modul „Industrielle Messtechnik“ sollen die Studierenden die grundlegenden Methoden und technischen Geräte zur Erfassung elektrischer und nichtelektrischer Prozessgrößen darstellen und zur sachgerechten Lösung messtechnischer Probleme anwenden können.</p> <p>In dem Modul „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 dem Modul „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>
---	---

### Industrielle Messtechnik

<b>Industrielle Messtechnik</b> <i>Industrial Measurement Engineering</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.11103	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.11103 Industrielle Messtechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.11103 <i>Industrial Measurement Engineering</i> : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus dem Modul Messtechnik werden erwartet. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			



### **Kurzbeschreibung / Short Description**

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 Analysentechnik, 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.

### **Inhalt / Contents**

Die Vorlesung Industrielle Messtechnik behandelt folgende Themen:

- Grundlagen der Metrologie und betriebliches Messwesen,
- Beschreibung von Messketten, statisches und dynamisches Verhalten,
- Messprinzipien und Messsysteme zur Erfassung mechanischer Größen (Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung, mechanische Spannung, Dehnung, Lage, Gestalt, Druck, Kraft, Drehmoment),
- Messprinzipien und Messsysteme zur Erfassung thermischer Größen (Temperatur, Wärmemenge),
- Messprinzipien und Messsysteme zur Erfassung volumetrischer Größen (Durchfluss, Füllstand).

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

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

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

- Messaufgaben auch in ihrer Komplexität zu analysieren,
- für ausgewählte Messaufgaben unter Berücksichtigung der konkreten Messbedingungen geeignete Messprinzipien bzw. Messtechnik auszuwählen,
- Messergebnisse zu charakterisieren und zu interpretieren.

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

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,
- können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,
- sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Mündliche Prüfung oder Klausur / 30-45 min oder 120-180 min / 100%

*Oral oder Written Examination / 30-45 min or 120-180 min / 100%*

### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

### **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

### **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

<i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET <i>EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</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>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

## Regenerative Energien

<b>Regenerative Energien</b> <i>Renewable Energies</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.11105	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.11105 Regenerative Energien: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.11105 Renewable Energies: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Vorlesung vermittelt die Theorie und Anwendung erneuerbarer Energien, insbesondere der Solar- und Windenergie. Eingangs werden die Gründe für die Substitution fossiler & 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.

### **Inhalt / Contents**

Die Vorlesung Regenerative Energien behandelt die technischen Verfahren zur Wandlung regenerativer Energien und deren Speicherung sowie ihre Integration in bestehende Energieversorgungssysteme. 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 inhomogen?)
  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

<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Pitchregelung</li> <li>4. Netzsynchrone Anlagen mit Stallregelung</li> <li>5. Netzsynchrone Anlagen mit aktiver Stallregelung</li> <li>5. Elektrische Maschinen <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Synchronmaschine</li> <li>2. Asynchronmaschine</li> </ul> </li> <li>6. Netzbetrieb</li> <li>7. Windparks</li> <li>8. Energieertragsprognose</li> <li>1. Wasserkraft <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Einleitung</li> <li>2. Kraftwerkstypen <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Laufwasserkraftwerk</li> <li>2. Pumpspeicherkraftwerk</li> </ul> </li> <li>3. Dargebot der Wasserkraft</li> <li>4. Turbinen für Wasserkraftwerke</li> <li>5. Weiter technische Anlagen zur Wasserkraftnutzung <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Wellenkraftwerke</li> <li>2. Gezeitenkraftwerke</li> <li>3. Meeresströmungskraftwerk</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>1. Weitere Nutzung regenerativer Energien <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Biomasse <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Vorkommen an Biomasse</li> <li>2. Bioenergieträger</li> <li>3. Biomasseanlagen</li> </ul> </li> <li>2. Geothermie <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Geothermievorkommen</li> <li>2. Geothermische Kraftwerkskonzepte</li> <li>3. Kraft-Wärme-Kopplung mit geothermischer Energiequellen</li> <li>4. Umweltaspekte und Risiken</li> </ul> </li> <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> </li> </ul>
<p><b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b></p> <p>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.</p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / <i>Assessments</i></b></p> <p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Mündliche Prüfung oder Klausur / 30-45 min oder 120-180 min / 100%  <i>Oral or Written Examination / 30-45 min or 120-180 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / <i>Study achievement</i></b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>

<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET <i>EBA, WGBAET, CEBA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing.; Balluff, Stefan, Dipl.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Vorlesung mit begleitender Übung.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</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</p>

## II.2 Bachelorarbeit

<b>Bezeichnung</b> <i>Description</i>	<b>Bachelorarbeit</b> <i>Bachelor thesis</i>
Module / <i>Modules</i>	<p>Die konkreten Inhalte der Bachelorarbeit 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 Bachelorarbeiten 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 <i>Type</i>	Wahlpflicht <i>Compulsory elective</i>
Betreuer <i>Advisor</i>	Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts / Academic staff of the institute
Sprache / <i>Language</i>	Deutsch, Englisch / <i>German, English</i>
Organisationsform <i>Methodic implementation</i>	<p>Die Bachelorarbeit 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</p>

	<p>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 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 360 Stunden entspricht und studienbegleitend bearbeitet werden kann.</p> <p><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></p>
<p>Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i></p>	<p>12</p>
<p>Lernziele / <i>Learning objectives</i></p>	<p>Mit der Bachelorarbeit 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 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></p>
<p>Prüfungsmodalitäten <i>Assessments</i></p>	<p>Die Bachelorarbeit wird von zwei Prüfenden bewertet, wobei die Abschlusspräsentation des Studierenden zu berücksichtigen ist.</p> <p><i>The bachelor thesis will be assessed by two examiners, also taking into account the final presentation delivered by the student.</i></p>

## Bachelorarbeit

<b>Bachelorarbeit</b> <i>Bachelor thesis</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i> A.048.15001	<b>Workload (h)</b> 360	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i> 12	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i> 6	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i> 1	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i> Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur /</b> <i>Module structure</i>			
<p>Die konkreten Inhalte der Bachelorarbeit 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 Bachelorarbeiten 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>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls /</b> <i>Options within the module</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen /</b> <i>Admission requirements</i>			
<b>4 Inhalte /</b> <i>Contents</i>			
<b>Kurzbeschreibung /</b> <i>Short Description</i>			
<p>Die Bachelorarbeit 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 basis of sections or pages specified and other objective criteria allowing a clear differentiation.</i></p>			
<b>Inhalt /</b> <i>Contents</i>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen /</b> <i>Learning outcomes and competences</i>			
<b>Lernziele</b>			
<p>Mit der Bachelorarbeit 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><b>Learning Objectives</b></p> <p><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></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p> <p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Die Bachelorarbeit wird von zwei Prüfenden bewertet, wobei die Abschlusspräsentation des Studierenden zu berücksichtigen ist.</p> <p><i>The bachelor thesis will be assessed by two examiners, also taking into account the final presentation delivered by the student.</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p> <p>Die Vergabe der Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p> <p>Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts / <i>Academic staff of the institute</i></p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>

## II.3 Gebiete Fachdidaktik und Bildungswissenschaft / Berufspädagogik

### Vorbemerkungen

Im Rahmen des 2. Studienabschnitts des Bachelorstudiums Elektrotechnik können die fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen/berufspädagogischen Anteile, die in den Zugangsvoraussetzungen zum Masterstudiengang 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.

Die Modulbeschreibungen der Module Berufspädagogik und Kompetenzentwicklung sind der Amtlichen Mitteilung AM53.16 vom 22.07.2016 „Besondere Bestimmungen der Prüfungsordnung für den Bachelorstudiengang Lehramt an Berufskollegs für das bildungswissenschaftliche und berufspädagogische Studium an der Universität Paderborn“ entnommen.

### Modultabelle

Modulbezeichnung	Lehrveranstaltung	ECTS
Nachrichtentechnik	Nachrichtentechnik	5
Schaltungstechnik	Schaltungstechnik	5
Regelungstechnik	Regelungstechnik	5
Ein Modul aus dem Katalog Informationstechnik oder aus dem Katalog Mikrosystemtechnik oder aus dem Katalog Automatisierungstechnik	Je nach gewählte Variante	6
Fachdidaktik	Je nach gewählte Variante	6
Berufspädagogik	Je nach gewählte Variante	7
Kompetenzentwicklung	Je nach gewählte Variante	11
	Bachelorarbeit	12

### II.3.1 Bildungswissenschaften/Berufspädagogik

#### Kompetenzentwicklung

Kompetenzentwicklung			
<b>Modulnummer / Module number</b> BK 1	<b>Workload (h)</b> 330	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 11	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / winter and summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>

	5-6	2	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
Lehrveranstaltung (Kontaktzeit / Selbststudium)			
<b>Variante A an der Fakultät für Kulturwissenschaften:</b>			
a) Vorlesung Unterricht und Allgemeine Didaktik (30h / 30h / WPÜ)			
b) Veranstaltung zu Kompetenzentwicklung, Diagnose und Förderung WP (30h / 240h davon 80h in Kontakt mit Schule / WP / 50)			
inklusive c) Eignungs- und Orientierungspraktikum			
oder			
<b>Variante B an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften:</b>			
a) Modul Kompetenzentwicklung für LA BK Vorlesung mit integrierter Übung (75h / 255h davon 80h in Kontakt mit Schule)			
inklusive b) Eignungs- und Orientierungspraktikum			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Varianten A und B; innerhalb der Varianten je nach aktuellem Angebot der Fakultäten KW und WiWi			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Themen des Moduls sind:			
<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>• Eignungs- und Orientierungspraktikum</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachlich-inhaltliche Ziele:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faktenwissen: factual knowledge 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</li> <li>• Methodenwissen: methodic competence 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>• Transferkompetenz: transfer competence 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> </ul>			

- Normativ-bewertendes Wissen: normative competence

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.

#### **Spezifische Schlüsselkompetenzen:**

- Problemanalyse
- Informationsrecherche, -aufbereitung und -präsentation
- individuelle Steuerung und Gestaltung des eigenen Kompetenzerwerbs
- Gestaltung von Prozessen in Arbeitsteams
- Integration von Medien als Werkzeuge für die Kompetenzentwicklung

#### **Eignungs- und Orientierungspraktikum:**

Die Studierenden erwerben die Fähigkeit,

- die Komplexität des schulischen Handlungsfelds aus einer professions-, und systemorientierten Perspektive zu erkunden und auf die Schule bezogene Praxis- und Lernfelder wahrzunehmen und zu reflektieren,
- erste Beziehungen zwischen bildungswissenschaftlichen/berufspädagogischen Theorieansätzen und konkreten pädagogischen Situationen herzustellen,
- erste eigene pädagogische Handlungsmöglichkeiten, insbesondere solche mit dem Ziel des Erwerbs beruflicher Handlungskompetenz, zu erproben und auf dem Hintergrund der gemachten Erfahrung die Studien- und Berufswahl zu reflektieren und
- Aufbau und Ausgestaltung von Studium und eigener professioneller Entwicklung reflektiert zu gestalten.

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulteilprüfung / *Partial modul exams*

#### **Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Kulturwissenschaften:**

Es ist eine Prüfungsleistung in Form einer Klausur (90-120 Minuten) in der Vorlesung und eine Prüfungsleistung in Form eines Referats (45 Minuten) mit schriftl. Ausarbeitung (12-15 Seiten) oder einer mündlichen Prüfung (20-30 Minuten) in der Veranstaltung zu Diagnose und Förderung zu erbringen. Näheres zur Form und ggf. Dauer gibt die Lehrkraft spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt.

#### **Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften:**

Es ist eine Prüfungsleistung in Form einer Hausarbeit/ Projektarbeit (20-25 Seiten) oder einer Klausur (90-120 Minuten) zu erbringen. .Zu den Prüfungsleistungen vgl. das Modulhandbuch der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften.

### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

### **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

### **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Bestandene Modulteilprüfungen sowie qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen. Zu Formen der qualifizierten Teilnahme vgl. § 42 Besondere Bestimmungen. Näheres zu Form und Umfang bzw. Dauer gibt die Lehrkraft in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt.

### **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).*

<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
---
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Fakultät KW: Prof. Dr. Herzig / N.N. Fakultät WW: Prof. Dr. Beutner / Prof. Dr. Kremer / Prof. Dr. Sloane
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Das Modul umfasst Seminare, Übungen, Tutorien und verschiedene Formen des Selbststudiums.</p> <p><b>Bemerkungen / Comments</b></p> <p><b>Gruppengröße</b> Vorlesung: 120 TN; Seminare: 40 TN</p>

## Berufspädagogik

<b>Berufspädagogik</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> BK 2	<b>Workload (h)</b> 210	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 7	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / winter and summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5-6	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 2	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
<p>Lehrveranstaltung (Kontaktzeit / Selbststudium)</p> <p><b>Variante A an der Fakultät für Kulturwissenschaften:</b> a) Berufliche Bildung als Forschungs- und Praxisfeld inkl. praktische Übungen (45h / 165h davon 60h Praktikumskontakt) b) Berufsfeldpraktikum oder</p> <p><b>Variante B</b> an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften: a) Betriebliche Bildung für LA BK Vorlesung mit integrierter Übung inklusive Methodenreflektion (45h / 165h davon 60h Praktikumskontakt) b) Berufsfeldpraktikum</p>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Varianten A und B; innerhalb der Varianten je nach aktuellem Angebot der Fakultäten KW und WiWi			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p><b>Inhalt / Contents</b> Themen des Moduls sind:</p>			

- Berufsbildungsforschung (Grundfragen, Analyseperspektiven und -methoden)
- Arbeit, Beruf, Beruflichkeit, Berufsformen
- Institutionen und Organisationen des Berufsbildungssystem aus historischer und aktueller Perspektive - Duales System - Schulberufssystem - Übergangssystem - Weiterbildungssystem
- Probleme und Reformansätze
- Berufsfeldpraktikum

Zusätzliche Themen in der wirtschaftswissenschaftlichen Variante:

- Ausbildungsordnungen und curriculare Grundlagen
- Methoden betrieblichen Lehrens und Lernens
- Kooperation Schule und Betrieb
- Strategisches Bildungsmanagement
- Strukturen berufliche Erstausbildung und beruflicher Weiterbildung
- Wissenschafts- und Handlungspropädeutik als didaktische Prinzipien  
Fächerverbindendes und fächerübergreifendes Lernen

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

### **Fachlich-inhaltliche Ziele:**

#### • Faktenwissen: factual knowledge

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

#### • Methodenwissen: methodic competence

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.

#### • Transferkompetenz: transfer competence

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.

#### • Normativ-bewertendes Wissen: normative competence

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 Bedeutsamkeit biographischen Lernens im gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht

### **Spezifische Schlüsselkompetenzen:**

<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>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p> <p>Modulteilprüfung / <i>Partial modul exams</i></p> <p><b>Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Kulturwissenschaften:</b>  Es ist eine Modulprüfung in Form einer Projektdarstellung mit Kolloquium (ca. 15 Minuten) oder einer Hausarbeit/ Projektarbeit (20-25 Seiten) oder einer mündlichen Prüfung (20-30 Minuten) zu erbringen Näheres zur Form und ggf. Dauer gibt die Lehrkraft spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt.</p> <p><b>Bei Veranstaltungen in der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften:</b>  Es ist eine Modulprüfung in Form Projektdarstellung mit Kolloquium (ca. 15 Minuten) zu erbringen. Zu den Prüfungsleistungen vgl. das Modulhandbuch der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften.</p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p> <p>Bestandene Modulprüfung sowie qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen. Zu Formen der qualifizierten Teilnahme vgl. § 42 Besondere Bestimmungen. Näheres zu Form und Umfang bzw. Dauer gibt die Lehrkraft spätestens in den ersten drei Wochen der Veranstaltung bekannt.</p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p> <p>---</p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p> <p>Fakultät KW: Prof. Dr. Herzig / N.N. Fakultät WW: Prof. Dr. Beutner / Prof. Dr. Kremer / Prof. Dr. Sloane</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>  Das Modul umfasst</p>



Variante A: ein Seminar sowie verschiedene Formen des Selbststudiums.  
 Variante B: Vorlesung mit integrierter Übung, Tutorien und verschiedene Formen des Selbststudiums  
 Zum Berufsfeldpraktikum vgl. § 39 Abs. 4 Besondere Bestimmungen

**Bemerkungen / Comments**

**Gruppengröße**

Vorlesung: 120 TN, Seminare: 40 TN

**II.3.2 Fachdidaktik**

Grundmodul Technikdidaktik

<b>Grundmodul Technikdidaktik</b> <i>Standard Module Didactics of Technology</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.8020	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 5	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 2	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.048.65003 Didaktische Grundlagen der beruflichen Fachrichtungen 2V (30h / 60h / P / 25) 2.) L.048.65001 Theorien, Modelle, Methoden und Medien 2V (30h / 60h / P / 25) 1.) L.048.65003 Teaching Fundamentals of Professional Specialisations 2L (30h / 60h / C / 25) 2.) L.048.65001 Theories, Models, Methods and Media 2L (30h / 60h / C / 25)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Zum Kern der Lehrerausbildung 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).</p>			



Didaktische Konzepte, Modelle und Methoden werden gezielt auf Beispiele aus der Elektrotechnik angewandt.

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

### **Fachliche Kompetenzen:**

Studierende sind nach Besuch des Moduls in der Lage,

- Grundlagen des Faches Elektrotechnik zu erklären,
- fachwissenschaftliche Besonderheiten der Elektrotechnik wie die Modellierung, die Darstellung in Ersatzschaltbildern, Funktionsdiagrammen, Flussdiagrammen und Blockschaltbildern sowie Systembetrachtungen in didaktische Konzepte einfließen zu lassen,
- fachliche Konzepte und Methoden zum Lehren und Lernen gegenüberzustellen,
- die vermittelten Methoden zum Lehren und Lernen zu systematisieren und inhalts-, problem- und zielgruppengerecht auszuwählen,
- Ziele, Inhalte und Standards entsprechend dem Ausbildungsziel (Berufsgrundschuljahr, Berufsfachschulen, Höhere Berufsfachschulen, etc.) zu formulieren und zu begründen,
- fachliche Inhalte in didaktischen Kontexten berufsfeldorientiert zu strukturieren und im Rahmen betrieblicher Aufgaben zu bearbeiten,
- Ziele und Inhalte für Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen vor dem Hintergrund betrieblicher Anforderungen zu formulieren und zu begründen,
- transparente Leistungskontrollen für berufsfelddidaktische Konzepte einzusetzen.

### **Spezifische Schlüsselkompetenzen:**

Studierende sind nach Besuch des Moduls in der Lage,

- exemplarische Inhalte für heterogene Lerngruppen auszuwählen, zu elementarisieren und curricular anzuordnen,
- geeignete Medien auszuwählen und hinsichtlich ihrer spezifischen Einsatzbedingungen und Wirkungen im Lehr- und Lernprozess zu beurteilen und einzusetzen.

## **6 Prüfungsleistung / *Assessments***

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Modulabschlussprüfung als mündliche Prüfung (Dauer: 30 bis 45 Minuten) oder Hausarbeit (ca. 40.000 Zeichen).

## **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement***

Qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen als Referat oder Hausaufgabe.

## **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations***

Keine / *None*

## **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits***

Bestandene Modulabschlussprüfung sowie qualifizierte Teilnahme an den Veranstaltungen.

## **10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade***

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).*

## **11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses***

Das Modul wird im Studiengang Lehramt BK Maschinenbautechnik (BA) verwendet.

## **12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator***

Prof. Dr. Katrin Temmen

## **13 Sonstige Hinweise / *Other notes***

**Methodische Umsetzung / *Implementation***

Das Modul umfasst Vorlesungen sowie Formen des Selbststudiums.

## II.4 Gebiete Optoelektronik und Photonik

### Vorbemerkungen

Im Rahmen des 2. Abschnitts des Bachelorstudiums Elektrotechnik können die quantenmechanischen und optischen Anteile, die in den Zugangsvoraussetzungen zum Masterstudiengang Optoelektronik und Photonik genannt sind, mit folgender Modulstruktur absolviert werden.

### Modultabelle

Modulbezeichnung	Module /	ECTS
Nachrichtentechnik	Nachrichtentechnik	5
Schaltungstechnik	Schaltungstechnik	5
Regelungstechnik	Regelungstechnik	5
1 Wahlpflichtmodul aus dem Katalog Informatonstechnik oder aus dem Katalog Mikrosystemtechnik oder aus dem Katalog Automatisierungsetchnik	je nach gewähltem Modul	6
1 Wahlpflichtmodul aus dem Katalog Informatonstechnik oder aus dem Katalog Mikrosystemtechnik oder aus dem Katalog Automatisierungsetchnik	je nach gewähltem Modul	6
Moderne Optik	Moderne Optik	6
Quantenmechanik	Theoretische Physik C	6
Studium Generale	nach Wahl der Studierenden in nicht-elektrotechnischen Gebieten	6
	Bachelorarbeit	12

### II.4.1 Moderne Optik

#### Moderne Optik

<b>Moderne Optik</b> <i>Modern Optics</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i> M.128.85201	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i> 6	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i> 5	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching</b> <i>Language</i> Deutsch / <i>German</i>

<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>
1.) L.128.15200 Moderne Optik: 4V (60 h / 45 h / P / bis zu 90) 2.) L.128.15200 Moderne Optik: 2Ü (30 h / 45 h / P / bis zu 30) 1.) L.128.15200 Modern Optics: 4L (60 h / 45 h / C / bis zu 90) 2.) L.128.15200 Modern Optics: 2Ex (30 h / 45 h / C / bis zu 30)
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Keine / None
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>  <b>Inhalt / Contents</b> Grundlagen der Wellenoptik: • Maxwell-Gleichungen und Wellenausbreitung • Brechungsindex, Absorption, Dispersion • Reflexion und Brechung Geometrische Optik: • Strahlenoptische Abbildungen (in paraxialer Näherung) von Linsen und Spiegeln • Abbildungsmatrizen • Ausgewählte optische Instrumente (Auge, Lupe, Mikroskop, Fernrohr) • Abbildungsfehler Interferenz: • Superpositionsprinzip und Interferenzbedingung • Zweistrahl-Interferometer und deren Anwendung • Vielstrahlinterferometer und optische Resonatoren Beugung: • Grundzüge der Beugungstheorie • Fraunhofer Beugung • Fresnel-Beugung Zeitliche und räumliche Kohärenz : • Kohärenz und Young'scher Doppelspalt • Zeitliche Kohärenz und Fourier-Spektroskopie • Räumliche Kohärenz und Michelson Sterninterferometer Elemente der Fourieroptik: • Transformationseigenschaften einer Linse • Bildentstehung bei kohärenter Beleuchtung Polarisation und Doppelbrechung: • Jones-Vektoren und Schwingungsellipse • Stokes-Parameter und Poincaré-Kugel • Lichtausbreitungen in anisotropen Kristallen • Bauteile aus anisotropen Kristallen Optik geführter Wellen: • Ausbreitung von Wellen in Wellenleitern
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
Die Studierenden sollen befähigt werden, ein grundlegendes Verständnis für die Konzepte und Anwendungen der (klassischen) Optik zu entwickeln und diese auch in komplexeren Systemen erkennen und anzuwenden. Die Studierenden • haben die wesentlichen Konzepte und Gesetze der (klassischen) Optik verstanden und können diese in einen gesamtphysikalischen Zusammenhang einordnen, • sind in der Lage, Licht als elektromagnetische Welle zu beschreiben und das Verhalten solcher Wellen zu erklären, • sind befähigt, optische Systeme mit strahlenoptischen Methoden zu analysieren und darauf aufbauend selbstständig einfache optische Systeme zu konzipieren,

<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind befähigt, optische Phänomene (wie Interferenz, Beugung, Polarisation, etc.) quantitativ zu beschreiben, und können einfache physikalische Probleme mathematisch formulieren und exakt oder näherungsweise lösen,</li> <li>• haben ein Verständnis entwickelt für moderne optische Prinzipien (wie Fourieroptik, Kohärenz, geführte optische Wellen) und deren Anwendung.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> 1.) Klausur / 120-180 min / 100% 1.) <i>Written Examination / 120-180 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Dr. Harald Hermann
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>

## II.4.2 Quantenmechanik

### Quantenmechanik

<b>Quantenmechanik</b> <i>Quantum Mechanics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.128.84001	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	6	1	Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
1.) L.128.24000 Theoretische Physik C: 4V (60 h / 45 h / P / bis zu 120)			

<p>2.) L.128.24000 Theoretische Physik C: 2Ü (30 h / 45 h / P / bis zu 30)  1.) L.128.24000 Theoretical Physics C: 4L (60 h / 45 h / P / bis zu 120)  2.) L.128.24000 Theoretical Physics C: 2Ex (30 h / 45 h / C / up to 30)</p>
<p><b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b></p>
<p>Keine / None</p>
<p><b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b></p>
<p>Keine / None</p>
<p><b>4 Inhalte / Contents</b></p>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe der Quantenmechanik (heuristisch)</li> <li>• Schrödinger-Gleichung</li> <li>• Axiomatik der Quantenmechanik</li> <li>• Harmonischer Oszillator</li> <li>• Zentralfeld</li> <li>• Zeitunabhängige Störungstheorie</li> <li>• Elemente der Atom- und Molekülphysik</li> <li>• Konzeptionelle Fragen der Quantenmechanik</li> </ul>
<p><b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b></p>
<p>Das Modul dient der Einführung in die grundlegenden Konzepte und Rechenmethoden der Quantenmechanik.  Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben ein Verständnis der Schrödinger-Gleichung und der Beschreibung von Zuständen durch Wellenfunktionen,</li> <li>• verfügen über die Fähigkeit zur Lösung eindimensionaler Potentialprobleme und deren Interpretation,</li> <li>• beherrschen den Beschreibungsformalismus und die grundlegenden Näherungs- und Lösungsverfahren der Quantentheorie,</li> <li>• verstehen den Spin als quantenmechanische Eigenschaft,</li> <li>• können dreidimensionale Probleme im Zentralfeld behandeln und die Ergebnisse zum Verständnis atomarer und molekularer Eigenschaften anwenden.</li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  1.) Klausur / 120-180 min / 100%  1.) <i>Written Examination / 120-180 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / None</p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / None</p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>

<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
Lehramt Physik GyGe, Bachelor Mathematik
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Prof. Dr. Wolf Gero Schmidt, Prof. Dr. Arno Schindlmayr
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>

### III. Module im Masterstudiengang

#### Vorbemerkungen

In dem Masterstudiengang 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. Die 3 Wahlpflichtmodule sind aus 3 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 weiteres Wahlpflichtmodul pro Katalog zu wählen ist. 2 zusätzliche Wahlpflichtmodule sind 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 2\*9 Leistungspunkten oder 1 Projektarbeit im Umfang 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 Masterarbeit im Umfang von 30 Leistungspunkten anzufertigen.

#### Modultabelle

Gebiet	Module	ECTS
Theoretische Elektrotechnik	Theoretische Elektrotechnik	6
Statistische Signale	Verarbeitung statistischer Signale oder Statistical Signal Processing	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog I	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog II	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog III	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
2 Wahlpflichtmodule aus Katalog I oder aus Katalog II oder aus Katalog III	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
Projektarbeit	1 Jahresprojekt oder 2 Semesterprojekte	18
Studium generale	nach Wahl der Studierenden in nicht-elektrotechnischen Gebieten	12
	Masterarbeit	30
<b>Gesamt</b>		<b>120</b>



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

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

## **III.1 Gebiet Theoretische Elektrotechnik**

### **III.1.1 Theoretische Elektrotechnik**

Hinweis:

Das Modul „Theoretischen Elektrotechnik“ wird nur im Wintersemester angeboten!

## **III.2 Gebiet Statistische Signale**

### **III.2.1 Statistische Signal**

Hinweis:

Das Modul „Statistische Signale“ wird nur im Wintersemester angeboten!

### III.3 Kataloge der Wahlpflichtmodule

#### III.3.1 Energie und Umwelt

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Energie und Umwelt <i>Energy and Environment</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauelemente der Leistungselektronik</li> <li>• Leistungselektronik</li> <li>• Messstochastik</li> <li>• Solar Electric Energy Systems</li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge</li> <li>• Intelligent Control of Electrical Grids</li> <li>• Elektronische Stromversorgungen</li> <li>• Mensch-Haus-Umwelt</li> <li>• Umweltmesstechnik</li> <li>• Energy Transition</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Die Auseinandersetzung mit Themenfeldern, die nicht von einer Fachdisziplin alleine gelöst werden können stellt einen zentralen Bestandteil der Ingenieurstätigkeit dar. Die Module im Katalog Energie und Umwelt bieten nicht nur zielgerichtete Wissensvermittlung im Themenfeld, sondern gerade auch die Vermittlung von „Handwerkszeug“ zur Auseinandersetzung mit interdisziplinären Aufgabenstellungen.</p> <p>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.</p>

## Bauelemente der Leistungselektronik

<b>Bauelemente der Leistungselektronik</b> <i>Power Electronic Devices</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22003, M.048.92032	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22003 Bauelemente der Leistungselektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92032 Power Electronic Devices: 2L + 2Ex ( 60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Knowledge from lecture Power Electronics is desirable.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Vorlesung behandelt Leistungshalbleiterbauelemente, ihre Beschaltung und Ansteuerung sowie Kühlung. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Auslegung magnetischer Bauteile und schnelle Strommessverfahren.  <i>The course covers power electronic devices, snubber circuits, driving and cooling. Another topic is the design of magnetic components and fast current sensors.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leistungshalbleiter-Bauelemente: Dioden, BJT, GTO, MOSFET, IGBT</li> <li>• Beschaltung, Ansteuerung und Schutz von Halbleiterventilen und Bauelementen; Kühleinrichtungsauslegung</li> <li>• Magnetwerkstoffe, Kernverlust-Messschaltungen, Wicklungsarten</li> <li>• Konzept der magnetischen Integration</li> <li>• Elektromechanisch-thermischer Entwurf ungekoppelter, linearer-gekoppelter, nichtlinearer Spulen und Schaltnetzteiltransformatoren und ihre Modellbildung</li> <li>• Kondensatoren in der Leistungselektronik</li> <li>• Filterentwurf</li> <li>• Dynamische Strommessverfahren</li>   <li>• <i>power electronic devices: Diodes, BJT, GTO, MOSFET, IGBT</i></li> <li>• <i>snubbers, driving and protection of semiconductor switches; cooling systems</i></li> <li>• <i>magnetic materials, test circuit for core losses, winding patterns</i></li> <li>• <i>concept of integrated magnetics</i></li> <li>• <i>electromechanical design and modelling of uncoupled, linear coupled, nonlinear coils and SMPS transformers</i></li> <li>• <i>capacitors</i></li> <li>• <i>filters</i></li> </ul>			

- *dynamic current sensing*

## 5 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*

### *(Soft) Skills*

*The students*

- *learn to describe real components with an equivalent circuit*
- *improve their skills in computer aided circuit design*
- *extend their competence by self study*

## 6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral exam or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement*

Keine / *None*

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*

Keine / *None*

## 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

## 10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Fröhleke, Norbert, AD, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a>
<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>Lernmaterialien, 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>Leistungselektronik</b> <i>Power Electronics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.22006, M.048.92023	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22006 Leistungselektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92023 Power Electronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
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 Grundschaltungen werden			

erörtert und analysiert und typische Anwendungen aus Industrie, Energiewirtschaft und Verkehrstechnik erläutert.

*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.*

#### **Inhalt / Contents**

- Idealisierung leistungselektronischer Schaltungen als schaltende Netzwerke
- Grundsaltungen selbstgeführter Stromrichter: Tiefsetzsteller, Hochsetzsteller
- Grundsaltungen fremdgeführter Stromrichter
- Kommutierung, Entlastungsschaltungen
- Mittelwertmodellierung
- Pulsweitenmodulation, Strom- und Spannungsschwankungen, Oberschwingungen
- Thermische Modellierung und Auslegung
- Beispielanwendungen aus den Bereichen Bahn, Straßenfahrzeuge, Industrie und Energieerzeugung und -verteilung
  
- *Modeling power electronic circuits as idealized switching networks*
- *Basic circuits of self-commutated converters: Buck and boost converters*
- *Basic circuits of line- and load-commutated converters*
- *Commutation, snubber circuits*
- *State-Space averaging*
- *Pulse width modulation, current and voltage ripples, harmonics*
- *Application examples from railway, automotive, industry, and energy generation and distribution*

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

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

- Verständnis moderner Prinzipien elektrischer Energieumformung
- Kompetenz zur Beurteilung, Auswahl und Auslegung leistungselektronischer Schaltungen
  
- *Understanding the modern principles of electrical energy conversion*
- *Competence to evaluate, select and design power electronic circuits*

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

Die Studenten

- 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 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.*

#### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Wechsel aus Tafelanschrieb und vorbereiteter Präsentation</li> <li>• Gruppenübungen</li> <li>• Rechnerübungen im Computerraum</li>   <li>• <i>Lecture using blackboard as well as prepared slides</i></li> <li>• <i>Exercises within the group</i></li> <li>• <i>Exercises in the computer room</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. <i>Lecture notes, slides. Other literature will be given in the lecture</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Böcker: Skript/lecture notes: Leistungselektronik</li> <li>• D. Schröder: Elektrische Antriebe, Band 4: Leistungselektronische Schaltungen, Springer, 1998</li> <li>• N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins: Power Electronics - Converters, Applications and Design, John Wiley &amp; Sons, Inc., 2. Edition, 2001</li> <li>• R. Erickson, D. Maksimovic: Fundamentals of Power Electronics, Kluwer Academic Publishers, 2. Edition, 2001</li> </ul>

## Messstochastik

<b>Messstochastik</b> <i>Statistics in measurement</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22008	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22008 Messstochastik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 5) L.048.22008 Statistics in measurement: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus dem Modul Messtechnik werden erwartet Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</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 / Contents</b>			
Die Vorlesung Messstochastik behandelt folgende Themen:			
<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>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>			
Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe Messaufgaben mit stochastisch schwankenden Größen zu analysieren und zu beurteilen sowie eigene Lösungen zu entwickeln,</li> </ul>			



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithmen bezüglich Recheneffizienz, Effektivität, Fehlerabschätzung und Grenzen zu bewerten.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b> 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>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Wetzlar, Dietmar, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</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>Lernmaterialien, 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.

## Solar Electric Energy Systems

<b>Solar Electric Energy Systems</b> <i>Solar Electric Energy Systems</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22013, M.048.92033	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22013 Solarelektrische Energiesysteme: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92033 Solar Electric Energy Systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</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 / Contents</b>			
1. Potentiale, astronomische Gegebenheiten, Einstrahlung, Konzentration			
2. Solarthermische Energiewandlung			
3. Prinzip der photovoltaischen Energiewandlung			
4. Parameter der photovoltaischen Umwandlung, Umsetzung Wandler			
5. Herstellung von Solarzellen, Solarmodulen			
6. PV-Anlagen: Komponenten, Aufbau, Leistung			
7. Leistung: optische, thermische und elektrische Modellierung, Simulation, Messung			
8. Haltbarkeit von PV-Modulen und Systemen: Standards, Tests, Degradationseffekte			
9. PV für die Stromversorgung: Vorhersagbarkeit der PV-Leistung, Kombination mit anderen Energiequellen, Speicher, Leistung in großen Energienetze, individuelle Stromversorgung			
10. Marktentwicklung der PV: Off-Grid-Märkte, Märkte durch Einspeisetarife (FIT), Eigenversorgung, Kostenentwicklung			

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)*

## **5 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

*The students*

*are enabled to apply the knowledge and skills across disciplines*

*are enabled to use method-oriented approaches for the implementation of sustainable energy supply*

<i>are enabled to educate themselves in the future.</i>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing. habil.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a>
<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>Lernmaterialien, 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 Photovoltaics, 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.

### III.3.2 Kognitive Systeme

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Kognitive Systeme / <i>Cognitive Systems</i>
Module / <i>Modules</i>	<p>Sommersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digital Image Processing II</li> <li>• Biomedizinische Messtechnik</li> <li>• Robotik</li> <li>• Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel</li> <li>• Statistische Lernverfahren und Mustererkennung</li> </ul> <p>Wintersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen</li> <li>• Digital Image Processing I</li> <li>• Kognitive Sensorsysteme</li> <li>• Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel</li> <li>• Advanced Topics in Robotics</li> <li>• Fahrerassistenzsysteme</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	Durch die im Katalog angebotenen Module 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.

#### Digital Image Processing II

<b>Digital Image Processing II</b> <i>Digital Image Processing II</i>			
Modulnummer / <i>Module number</i>	Workload (h)	Leistungspunkte / <i>Credits</i>	Turnus / <i>Regular cycle</i>
M.048.23016, M.048.92010	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	Studiense- mester / <i>Semes- ter number</i>	Dauer (in Sem.) / <i>Duration (in sem.)</i>	Unterrichtssprache / <i>Teaching Langu- age</i>
	1-3	1	Deutsch oder Englisch (je nach Nach- frage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / <i>Module structure</i></b>			

L.048.23016 Digital Image Processing II: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92010 Digital Image Processing II: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

- Grundlegende Kenntnisse der Bildverarbeitung

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

- *Basic knowledge of image processing*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## 4 Inhalte / Contents

### Kurzbeschreibung / Short Description

Die Veranstaltung "Digital Image Processing II" stellt ein Modul im Katalog "Kognitive Systeme" für Fortgeschrittene im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar.

Die Veranstaltung baut auf dem Basismodul "Digital Image Processing I" auf und beschreibt Methoden zur Merkmalextraktion und Objekterkennung.

*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.*

*It follows the fundamental course "Digital Image Processing I" and describes methods for feature extraction and object recognition.*

### Inhalt / Contents

- Wavelets und Mehrebenenverfahren (Bildpyramiden, Wavelet-Transformation)
- Bildsegmentation (Linien- und Kantendetektion, Schwellwertverfahren, Regionen-basierte Segmentierung, Wasserfall-Verfahren, Bewegung)
- Repräsentation und Beschreibung (Kettencodes, Signaturen, Konturbeschreibungen, Flächendeskriptoren)
- Stereo Image Analysis (Tiefenwahrnehmung, Stereogeometrie, Korrespondenzproblem)
- Bewegungsschätzung (optischer Fluss, Bewegungsmodelle, Bewegungssegmentation)
- 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)*

## 5 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.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Mertsching, Bärbel Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II>

**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.*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**



Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

*Lecture notes, exercise sheets and advanced literature (excerpt):*

- Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing (lecture notes)
- Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG
- Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital ImageProcessing. Prentice Hall, 3rd ed., 2007. ISBN-13: 978-0131687288
- Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7.Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514

## Biomedizinische Messtechnik

<b>Biomedizinische Messtechnik</b> <i>Biomedical measuring technologies</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23003	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23003 Biomedizinische Messtechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.23003 Biomedical measuring technologies: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Lehrveranstaltung Biomedizinische Messtechnik konzentriert sich auf die Bestimmung von Mess und Kenngrößen zur Charakterisierung des physiologischen Zustands von Menschen. Die wichtigsten Messmethoden zur Erfassung von Vitalinformationen werden beschrieben. Wichtige Tomografieverfahren (Sonografie, NMR-, Röntgentomografie) werden hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Anwendungsgebiete charakterisiert.			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Die Vorlesung Biomedizinische Messtechnik behandelt folgende Themen:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nervensystem, Reizleitung, Ruhe- und Aktionspotential</li> <li>• Aufbau der Haut und deren elektrischen Eigenschaften</li> <li>• Blut, Blutkreislauf und Messmethoden zur Messung von Puls, Blutdruck und Blutflussgeschwindigkeit</li> <li>• Elektrodiagnostische Verfahren (EKG, EMG, EEG, EOG, ENG)</li> <li>• Computer-Röntgentomografie, Magnetresonanztomografie</li> <li>• Sonografie</li> <li>• Audiometrie</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			



**Fachkompetenz / Domain competence:**

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

- die Wirkungsmechanismen zur Entstehung von bioelektrischen und biomagnetischen Signalen sowie deren Ausbreitung durch den Körper zu verstehen,
- die Grundlagen und Anwendbarkeit elektrodiagnostischer Verfahren einzuschätzen,
- wichtige Tomografieverfahren zu charakterisieren.

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,
- können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,
- sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  
*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  
*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET  
*EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes****Modulseite / Module Homepage**

<http://emt.upb.de>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge
- Praktische Arbeit in Gruppen mittels Messtechnik im Labor

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

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

## Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel

<b>Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel</b> <i>Cognitive Systems Engineering - Special Topics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23019 <i>MS ESE Students: see 'Contents' below for PAUL course numbers.</i>	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.23019 Cognitive Systems Engineering - Special Topics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine - aber Interesse am Seminarthema und interdisziplinärer Arbeit <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<i>None - but interest in the subject-matter and interdisciplinary work</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
In der Veranstaltung werden aktuelle Themen aus der Forschung zu technischen und Grundlagen von biologischenkognitiven Systemen behandelt. <i>The course presents cutting-edge topics of today's research on technical cognitive systems. Furthermore, the fundamentals of biological sensation and perception are covered.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
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.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cognitive Systems Engineering A - Visual Attention (L.048.90701 für MS ESE)</b> 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.</li> <li>• <b>Cognitive Systems Engineering B - Sensation and Perception in Biological Systems (L.048.90702 für MS ESE)</b> In Teil B (Sommersemester) wird ein Überblick über die Grundlagen biologischer Sensorik und Wahrnehmung gegeben. Neben den spannenden und (teils unintuitiven) Hintergründen dieser Themen findet eine kritische Diskussion der Übertragbarkeit der biologischen Konzepte und Mechanismen auf technische Systeme statt.</li> </ul>			

- **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 germanischen 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 - Sensation and Perception in Biological Systems (L.048.90702 für MS ESE)**

*Part B (summer semester) offers a broad overview of the fundamentals of sensation and perception in biological systems and the associated intriguing phenomena. The treatment of these topics is interwoven with a critical discussion concerning the implementation of bio-inspired mechanisms in technical systems.*

- **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.*

## 5 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 psychophysikalische Experimente interpretieren, 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 understand, design, implement and evaluate basic psychophysical 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 und
- haben ein kritisches Verständnis darüber, inwiefern die Nachahmung biologischer kognitiver Prozesse in technischen Systemen sinnvoll ist.

*The students*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to research and evaluate (English) technical literature,</li> <li>• have developed an understanding of the discipline-related research approaches (computer science, electrical engineering, psychology) and</li> <li>• are able to carefully consider the potential use of bio-inspired mechanisms in technical systems.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Modul / <i>Module</i> : Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.  CSE Part A: Tünnermann, Jan Dr. gemeinsam mit / <i>together with</i> Scharlau, Ingrid, Prof. Dr. (Kognitionspsychologie / <i>cognitive psychology</i> )  CSE Part B: Tünnermann, Jan Dr. , Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.  CSE Part C: Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> CSE A: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden; kleine Programmierbeispiele; Entwicklung und Durchführung von psychophysischen Experimenten</li> <li>• <i>Presentations and discussions by the participants; small programming examples, development and realization of psychophysical experiments</i></li> </ul>

CSE B + C:

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

**Lernmaterialien, 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.

CSE B: Auszug / *Excerpt*

- Foley, H., & Matlin, M. (2015). Sensation and perception. Psychology Press.
- Wolfe, J. M., Kluender, K. R., Levi, D. M., Bartoshuk, L. M., Herz, R. S., Klatzky, R. L., Lederer, S. J., Merfeld, D. M. (2015). Sensation & Perception, Fourth Edition. Sunderland, MA: Sinauer.

Robotik

<b>Robotik Robotics</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23010, M.048.92012	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23010 Robotik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92012 Robotics: 2L + 2Ex ( 60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Veranstaltung "Robotik" stellt ein Basismodul im Katalog "Kognitive Systeme" im Masterstudien- gang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar. Die Veranstaltung stellt grundlegende Konzepte und Techniken im Bereich der mobilen Robotik vor. Die Herausforderungen für die Ent- wicklung autonomer intelligenter Systeme werden analysiert und die aktuellen Lösungen vorgestellt. <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</i>			

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.

#### **Inhalt / Contents**

- Sensoren, Effektoren, Aktoren
- Homogene Koordination, allgemeine Transformationen, Denavit-Hartenberg Parameter
- Kinematik und Dynamik von Roboterarmen und mobilen Robotern
  
- *Sensors, effectors, actuators*
- *Homogenous coordinates, general transformations, Denavit-Hartenberg parameters*
- *Kinematics and dynamics of robot arms and mobile robots*

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

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

Die Studierenden

- können grundlegende Verfahren aus der Regelungstechnik und der Systemtheorie auf Roboter übertragen und
- beherrschen die Methoden zur Beschreibung sowie der Planung und Steuerung von Bewegungen von Roboterarmen und mobilen Robotern.

*The students*

- *know how to transfer basic methods from control and system theory to robotics and*
- *are able to apply the adequate methods to describe as well as plan and control the movements of robot arms and mobile robots.*

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

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.

*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.*

#### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%*

#### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

#### **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

#### **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

#### **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

#### **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Mertsching, Bärbel Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik</a>
<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>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> 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>

## Statistische Lernverfahren und Mustererkennung

<b>Statistische Lernverfahren und Mustererkennung</b> <i>Statistical Learning and Pattern Recognition</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23012, M.048.92005	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23012 Statistische Lernverfahren und Mustererkennung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92005 Statistical Learning and Pattern Recognition: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 50)			



## 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / *Options within the module*

Keine / *None*

## 3 Teilnahmevoraussetzungen / *Admission requirements*

Vorkenntnisse aus der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*Elementary knowledge in Statistics, as is taught in the course Statistical Signal Processing*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## 4 Inhalte / *Contents*

### Kurzbeschreibung / *Short Description*

Die Veranstaltung Statistische Lernverfahren und Mustererkennung vermittelt einen Einblick in die Komponenten und Algorithmen von statischen Mustererkennungssystemen. Es werden parametrische und nichtparametrische Ansätze vorgestellt, wie Charakteristika aus Daten entweder überwacht oder unüberwacht gelernt werden können und wie unbekannte Muster erkannt werden. Die vorgestellten Techniken können auf vielfältige Mustererkennungsprobleme angewendet werden, sei es für eindimensionale Signale (z.B. Sprache), zweidimensionale (z.B. Bilder) oder symbolische Daten (z.B. Texte, Dokumente).

*The course on Statistical Learning and Pattern Recognition presents an introduction into the components and algorithms prevalent in statistical pattern recognition. Both parametric and non-parametric density estimation and classification techniques will be presented, as well as supervised and unsupervised learning paradigms. The presented techniques can be applied to a variety of classification problems, both for one-dimensional input data (e.g., speech), two-dimensional (e.g., image) or symbolic input data (e.g., documents).*

### Inhalt / *Contents*

- Bayes'sche und andere Entscheidungsregeln
- Überwachte Lernverfahren: Parametrische (Maximum Likelihood, Bayes'sches Lernen) und nichtparametrische Verfahren (Parzen-Fenstermethode)
- Lineare Dimensionsreduktion (PCA, LDA)
- Lineare Klassifikatoren, Support Vector Machines
- Neuronale Netze (Multilayer Perceptron)
- Unüberwachte Lernverfahren (Mischungsverteilungen, Clusterverfahren)
- Allgemeine Überlegungen (Bias-Varianz Dilemma, Minimum Description Length Prinzip, etc.)
  
- *Bayesian and other decision rules*
- *Supervised learning: parametric (Maximum Likelihood, Bayesian Learning) and non-parametric (Parzen window method)*
- *Dimensionality reduction (PCA, LDA)*
- *Linear classifiers, Support Vector Machines*
- *Neural networks (Multilayer Perceptron)*
- *Unsupervised learning (mixture densities, clustering techniques)*
- *General considerations (Bias-Variance dilemma, minimum description length principle etc.)*

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

### Fachkompetenz / *Domain competence:*

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

- Für ein vorgegebenes Mustererkennungsproblem eine geeignete Entscheidungsregel auszuwählen
- Methoden des überwachten und unüberwachten Lernens auf neue Problemstellungen anzuwenden und die Ergebnisse des Lernens kritisch zu bewerten
- Parametrische und nichtparametrische Dichteschätzverfahren für unterschiedlichste Eingangsdaten zu entwickeln
- Können Programmbibliotheken zur Realisierung von Klassifikatoren (z.B. neuronale Netze, Support Vector Machines) sinnvoll anwenden



- Für eine vorgegebene Trainingsdatenmenge einen sinnvolle Wahl für die Dimension des Merkmalsvektors und die Komplexität des Klassifikators zu treffen.

*After completion of the course students will be able to*

- *Choose an appropriate decision rule for a given classification problem*
- *Apply supervised or unsupervised learning techniques to data of various kinds and critically assess the outcome of the learning algorithms*
- *Work with dedicated pattern classification software (e.g., for artificial neural networks, support vector machines) on given data sets and optimize parameter settings*
- *Find, for a given training set size, an appropriate choice of classifier complexity und feature vector dimensionality*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

- Haben weitreichende Fertigkeiten in Matlab erworben, die sie auch außerhalb der Realisierung von Klassifikationsverfahren einsetzen können
- Haben ein Verständnis für das Prinzip der Parsimomität und können es auf andere Fragestellungen übertragen
- Können die in diesem Kurse gewonnenen Kenntnisse und Fertigkeiten auf andere Disziplinen übertragen
- Können in einer Gruppe umfangreichere Aufgabenstellungen gemeinsam analysieren, in Teilaufgaben zerlegen und lösungsorientiert bearbeiten

*The students*

- *Have gathered sufficient proficiency in Matlab, well beyond what is needed to realize pattern classification techniques*
- *Can assess the importance of the principle of parsimony and are able to transfer it to other*
- *Are able to apply the knowledge and skills learnt in this course to a wide range of disciplines*
- *Can work cooperatively in a team and subdivide an overall task into manageable subtasks and work packages*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oer 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oer 30 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  
*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  
*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET  
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/statistical-methods-for-learning-and-pattern-recognition/>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig Trainings- und Testdaten generieren, Lösungswege erarbeiten und Lernverfahren oder Klassifikatoren implementieren, testen, sowie Ergebnisse auswerten
  
- *Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, occasional presentations of (powerpoint) slides ,*
- *Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer and*
- *Implementation of learning and classification algorithms on a computer by the students themselves; use of algorithms on real-world data or data generated on the computer, evaluation of the simulation results*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Lösungen der Übungsaufgaben und Beispielimplementierungen von Algorithmen werden zur Verfügung gestellt.

*Course script and summary slides are provided to the students. Exercises and solutions to exercises, as well as sample implementations of algorithms are provided to the students*

- R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork, Pattern Classification, Wiley, 2001
- K. Fukunaga, Introduction to Statistical Pattern Recognition, Academic Press, 1990

### III.3.3 Kommunikationstechnik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Kommunikationstechnik <i>Communications</i>
Module / <i>Modules</i>	<p>Sommersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitale Sprachsignalverarbeitung</li> <li>• Elektromagnetische Feldsimulation</li> <li>• Wireless Communication</li> <li>• Videotechnik</li> <li>• Ausgewählte Kapitel der Theoretischen Elektrotechnik</li> <li>• Feldberechnung mit der Randlelementmethode</li> <li>• Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode</li> <li>• Topics in Signal Processing</li> <li>• Optical Waveguide Theory</li> </ul> <p>Wintersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Feldsimulation</li> <li>• Hochfrequenztechnik</li> <li>• Optimale und adaptive Filter</li> <li>• Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik</li> <li>• Feldberechnung mit der Randlelementmethode</li> </ul>
Semester	2.-4. / <i>2<sup>nd</sup> -4<sup>th</sup> semester of master course</i>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
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 Wahlpflichtmodule 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</p>

	<p>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 Modules 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>
--	---

## Digitale Sprachsignalverarbeitung

<b>Digitale Sprachsignalverarbeitung</b> <i>Digital Speech Signal Processing</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i>	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i>
M.048.24001, M.048.92041	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i>	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i>	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i>
	1-3	1	Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur /</b> <i>Module structure</i>			
L.048.24001 Digitale Sprachsignalverarbeitung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.24001 Digital Speech Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls /</b> <i>Options within the module</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen /</b> <i>Admission requirements</i>			
Vorkenntnisse aus dem Modul Höhere Mathematik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Prior knowledge from the module Higher Mathematics.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte /</b> <i>Contents</i>			
<b>Kurzbeschreibung /</b> <i>Short Description</i>			
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 Kurzeitanalyse von Sprachsignalen, die Sprachcodierung und die IP-Telefonie sind weitere Themen.			

*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.*

### **Inhalt / Contents**

- Sprechen und Hören
  - o Spracherzeugung: menschliche Sprechorgane, Lautklassen, Quelle-Filter-Modell, Vocoder
  - o Grundlagen Schallwellen
  - o Hören: menschliches Hörorgan, Psychoakustik und Physiologie des Hörens, Lautheit, Verdeckung, Frequenzgruppen
- Zeitdiskrete Signale und Systeme
  - o Grundlagen: Elementare Signale, LTI-Systeme
  - o Transformationen: Fouriertransformation zeitdiskreter Signale, DFT, FFT
  - o Realisierung zeitdiskreter Filterung im Frequenzbereich: Overlap-Add, Overlap-Save
- Statistische Sprachsignalanalyse
  - o Grundlagen Wahrscheinlichkeitsrechnung
  - o Kurzzeitanalyse von Sprachsignalen: Spektrogramm, Cepstrum
- Schätzung von Sprachsignalen
  - o Optimale Filterung
  - o LPC-Analyse
  - o Spektrale Filterung zur Rauschunterdrückung
  - o Adaptive Filterung: LMS Adaptionsalgorithmus, Echokompensation
- Sprachcodierung
  - 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*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Speech coding</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>Time domain coding: signal shape coding, parametric coding, hybride coding techniques</i></li> <li>o <i>Frequency domain coding</i></li> <li>o <i>Amplitude quantization: uniform quantization, quantization with companders (<math>\mu</math>law, alaw)</i></li> </ul> </li> </ul>
<b>5 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>• Digitale Signale, speziell Audiosignale, im Zeit- und Frequenzbereich zu analysieren,</li> <li>• Sprachsignale effizient zu repräsentieren und</li> <li>• Weit verbreitete Algorithmen zur Sprachsignalanalyse und Verarbeitung im Frequenz- oder Zeitbereich zu implementieren.</li> </ul> <p><i>After attending the course, the students will be able to</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>analyze digital signals, e.g., audio signals, in the time or frequency domain,</i></li> <li>• <i>represent audio signals efficiently and</i></li> <li>• <i>implement widely-used algorithms for speech analysis and speech processing in the frequency or time domain.</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Effekte in echten Signalen durch theoretisches Wissen erklären,</li> <li>• können theoretische Ansätze durch systematische Betrachtung untersuchen und</li> <li>• sind durch die fundierte Betrachtung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p><i>The students</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>are able to explain effects in real signals based on the theoretical knowledge,</i></li> <li>• <i>are able to investigate theoretical approaches by a systematic analysis and</i></li> <li>• <i>are, due to the precise treatment of the contents, in a position to continue their learning themselves</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min/ 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>

<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Schmalenströer, Jörg, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://nt.upb.de/index.php?id=dssv">http://nt.upb.de/index.php?id=dssv</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafelinsatz und Präsentationen,</li> <li>• Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Übungsblättern und Rechnern und</li> <li>• Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung</li> <li>• <i>Lectures using the blackboard and presentations,</i></li> <li>• <i>Alternating theoretical and practical exercise classes with exercise sheets and computer and</i></li> <li>• <i>Demonstration of real technical systems in the lecture hall.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte <i>Allocation of a script; information on textbooks ; matlab scripts</i>

## Elektromagnetische Feldsimulation

<b>Elektromagnetische Feldsimulation</b> <i>Simulation of Electromagnetic Fields</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24006	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation: 2V+2Ü (60h / 120h / P / 50) <i>L.048.24006 Simulation of Electromagnetic Fields: 2L+2Ex (60h / 120h / C / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			

Keine / None

### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

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

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

### 4 Inhalte / Contents

#### Kurzbeschreibung / Short Description

Die Veranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation bietet eine Einführung in moderne Simulationsverfahren für elektromagnetische Feldprobleme. Im Mittelpunkt steht mit der Methode der Finiten Integration (FIT) ein moderner, sehr effizienter und erfolgreicher Ansatz aus der Klasse der gitterbasierten Verfahren. Es können Feldprobleme der Statik, Quasistatik und schnellveränderliche Felder (elektromagnetische Wellen) bei nahezu beliebiger Materialverteilung behandelt werden. Die Modellierung mit FIT führt dabei auf algebraische Matrixgleichungen, deren Lösung ebenfalls einführend besprochen wird. Außerdem kommen einige verwandte Verfahren wie Finite Differenzen und Finite Elemente zur Sprache. Ziel der Lehrveranstaltung ist u.a., die Möglichkeit und Grenzen der besprochenen Verfahren im praktischen Einsatz kennen zu lernen und einschätzen zu können. Außerdem wird das Fundament für eine Weiterentwicklung der Algorithmen im Rahmen wissenschaftlicher Projekte gelegt.

#### Inhalt / Contents

Die Vorlesung Elektromagnetische Feldsimulation gliedert sich wie folgt

- Einführung
  - Motivation
  - Klassifizierung von Lösungsmethoden
  - Numerische Ansätze
- Grundlagen der Methode der finiten Integration
  - Gitter-Maxwellgleichungen
  - Eigenschaften der Diskretisierungsmatrizen
  - Randbedingungen
- Lösung elektromagnetischer Feldprobleme
  - Statische Felder
  - Zeitveränderliche Felder
  - Zeitharmonische Felder (Frequenzbereich)
  - Transiente Felder (Zeitbereich)

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

#### Fachkompetenz / Domain competence:

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

- komplexe elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)
- die Finite Integrations Methode auf physikalische Probleme zu übertragen, anzuwenden und zu prüfen (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)
- numerisch gewonnene Ergebnisse zu visualisieren und physikalisch zu deuten (Evaluieren)

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

- *mathematically model complex electromagnetic field problems*
- *transfer, apply, validate the Finite Integration method on physical problems*
- *to physically interpret and visualise the obtained results*

#### Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:



<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 und Internetnutzung,</li> <li>• erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz</li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Sievers, Denis, Dr.-Ing.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>  Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, in der zugehörigen programmierpraktischen Übung werden für einfache Problemstellungen der Simulationstechnik kleine Matlab-Programme erstellt.</p>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb</p>

## Wireless Communication

<b>Wireless Communications</b> <i>Wireless Communications</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24004, M.048.92035	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24004 Wireless Communication: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92035 Wireless Communication: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<p>Vorkenntnisse im Bereich digitaler Kommunikationssysteme, wie sie im Bachelor Studium Elektrotechnik oder verwandter Fächer vermittelt werden</p> <p>Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <p><i>Elementary knowledge digital communications, as is taught in Bachelor studies of Electrical Engineering or related disciplines</i></p> <p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p>Die Veranstaltung Wireless Communications vermittelt den Studierenden einen Einblick in die Techniken zur zuverlässigen Kommunikation über zeit- und/oder frequenzselektive Funkkanäle. Dazu wird zunächst die physikalische und statistische Modellierung des Funkkanals dargestellt, die die Grundlage zum Verständnis der an diese Kanalbedingungen angepassten Übertragungsverfahren bildet. Anschließend werden die wichtigsten Übertragungs- und Empfangsprinzipien vorgestellt, insbesondere die verschiedenen Diversitätsverfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitdiversität: Maximum Ratio Combiner, Fehlerratenberechnung für kohärenten und inkohärenten Empfang, Verschachtelung</li> <li>• Antennendiversität: SIMO, MISO und MIMO-Techniken</li> <li>• Frequenzdiversität für frequenzselektive Kanäle: Einträgerverfahren mit Sequenzdetektion, Bandspreizverfahren, Mehrträgerübertragung</li> </ul> <p>Dabei wird Wert gelegt auf eine anschauliche Herleitung der Empfängerprinzipien als Operationen in einem linearen Vektorraum</p> <p>Außerdem wird ein Einblick in aktuelle zelluläre Funkkommunikationssysteme gegeben: GSM, UMTS und LTE.</p> <p><i>Wireless Communications presents an introduction into the fundamentals and practical systems in the field of wireless communications. Based on a thorough description of the characteristics of a wireless communication channel the principle approaches to reliable communication over frequency-nonselective and frequency selective channels are presented, such as time diversity, space diversity (including MIMO) and frequency diversity. Practical cellular systems will also be described, such as GSM, UMTS and LTE.</i></p>			

## **Inhalt / Contents**

- Überblick über Funkkommunikationssysteme
- Kanalmodellierung: langsames und schnelles Fading, nichtfrequenzselektive und frequenzselektive Kanäle, zeitdiskrete Kanalmodelle
- Zeitdiversität: Fehlerrate bei kohärentem und inkohärentem Empfang über nichtfrequenzselektiven Rayleigh-Funkkanal, Maximum Ratio Combiner
- Antennendiversität: Single input multiple output (SIMO), multiple input single output (MISO), multiple input multiple output (MIMO), Alamouti-Schema, Wiederholungscodierung vs. V-BLAST, suboptimale Empfänger
- Frequenzdiversität: Einträgerechnik mit Entzerrung oder Sequenzdetektion, Bandspreizung mit Pseudozufallsfolgen, RAKE-Empfänger, Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM). Diskussion der Vor/Nachteile der verschiedenen Verfahren
- Aktuelle Funkkommunikationssysteme: Global System for Mobile Communication (GSM), Universal Mobile Telecommunication System (UMTS), Long Term Evolution (LTE)

### *Channel models*

- *Large-scale fading and small-scale fading*
- *Path loss models and link budget*
- *Small-scale fading channel models: frequency non-selective and frequency selective fading, Doppler spread, Rayleigh- and Ricefading, Coherence time and delay spread*

### *Detection*

- *Non-Coherent detection on a Rayleigh fading channel*
- *Coherent detection on a Rayleigh fading channel*

### *Time Diversity*

- *Repetition coding*
- *Error rate computation*

### *Space Diversity*

- *Receive diversity*
- *Transmit diversity*
- *MIMO*

### *Frequency Diversity*

- *Single-carrier transmission with sequence detection or equalization*
- *Direct frequency spread spectrum*
- *Orthogonal frequency division multiplexing*

### *Cellular Systems*

- *Narrowband cellular systems: GSM*
- *Wideband cellular systems: UMTS*
- *Wideband cellular systems: LTE*

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

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

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

- Für eine gegebene physikalische Beschreibung eines Funkkanals ein zeitdiskretes statistisches Modell herzuleiten
- Die im Physical Layer verwendeten Techniken und Algorithmen der Funkkommunikation zu erklären
- Die grundlegenden Entwurfsentscheidungen für eine zuverlässige Kommunikation über zeitvariante frequenzselektive und nichtfrequenzselektive Funkkanäle zu verstehen

- Die in modernen zellulären Funkkommunikationssystemen genutzten Techniken für eine zuverlässige Kommunikation zu erkennen und deren Bedeutung einzuordnen
- Die Vor- und Nachteile verschiedener Übertragungsverfahren bzgl. Bandbreite-, Leistungseffizienz und Kanalausnutzung gegenüberzustellen
- Geeignete Übertragungsverfahren für vorgegebene Randbedingungen auszuwählen und zu entwerfen
- einfache Kommunikationssystem unter Nutzung moderner Programmsysteme (Matlab) zu simulieren und zu analysieren

*After completion of the course students will be able to*

- *Develop a discrete-time statistical channel model for a given physical description of a wireless communication channel*
- *Explain the techniques and algorithms used in the Physical Layer of a wireless communication system*
- *Understand the fundamental design options and decisions taken to realize reliable communication over time variant and frequency selective or nonselective fading channel*
- *Appreciate and categorize the techniques used in modern cellular communication systems to realize reliable communication*
- *Trade off the advantages and disadvantages of different transmission techniques with respect to bandwidth and power efficiency as well as number of users to be served*
- *Select and design an appropriate transmission technique for a wireless channel*
- *Simulate and analyze simple communication systems using modern software tools*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

- Können das Konzept linearer Vektorräume über das Thema dieser Vorlesung hinaus auf andere Bereiche der digitalen Signalverarbeitung anwenden
- Können die in diesem Kurse gewonnenen Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der Datengenerierung, Simulation und Analyse von Signalverarbeitungseinheiten mittels moderner Programmiersysteme auf andere Disziplinen übertragen
- Können in einer Gruppe umfangreichere Aufgabenstellungen gemeinsam analysieren, in Teilaufgaben zerlegen und lösungsorientiert bearbeiten

*The students*

- *Can transfer and apply the concept of linear vector spaces to signal processing tasks other than for wireless communications*
- *Can apply the skills about the generation of data, simulation of systems and analysis of experimental results using modern software tools, that have been acquired in this course, to other disciplines*
- *Can work cooperatively in a team and subdivide an overall task into manageable subtasks and work packages*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  
*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / None

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  
*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  
*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET  
*EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes****Modulseite / Module Homepage**

<http://nt.uni-paderborn.de>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, sowie Folien-Präsentation
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig zeitdiskrete Kanalmodelle realisieren, Übertragungsverfahren simulieren, Testdaten auswerten und Ergebnisse präsentieren
- *Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, as well as presentations of (powerpoint) slides ,*
- *Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer and Implementation of discrete-time channel models and building blocks of a wireless communication system using modern software tools; evaluation and presentation of the simulation results*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Bereitstellung vorgefertigter Vorlesungsfolien. Lösungen der Übungsaufgaben und Beispielimplementierungen von Algorithmen werden zur Verfügung gestellt.

*Course script and summary slides are provided to the students. Exercises and solutions to exercises, as well as sample implementations of algorithms are provided to the students*

- Hüb-Umbach, Reinhold: Wireless Communications (Lecture notes)
- D. Tse: Fundamentals of Wireless Communications, Cambridge University Press, 2006
- K.D. Kammeyer: Nachrichtenübertragung, Teubner, 2004
- P. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Springer/Vieweg 2013

## Videotechnik

<b>Videotechnik</b> <i>Video Technology</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.24011	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24011 Videotechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.24011 Video Technology: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Digitale Signalverarbeitung und Übertragungstechnik  Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Digital Signal Processing and Transmission Techniques.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<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 Bildfelderlegung 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. 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> </ul>			

- Bildfeldzerlegung und Abtastung / Basics of Picture Scanning
- Das Videosignal, Normen, Grundlagen der Farbvideotechnik / Video Signal, Standards, Basics of Colour Video Techniques
- Optisch-Elektrische Wandler, Digitalisierung / Electronic Cameras, Digitization
- Quellencodierung, Bilddatenreduktionsmethoden (MPEG) / Sourcecoding, Picture Data Reduction Systems
- Kanalcodierung und Übertragung, digitale Übertragungsmethoden (DVB) / Channelcoding and Transmission, Digital Transmission (MPEG)
- Empfängertechnik, Speicherprinzipien / Receivers and Storage
- 3-D Technologien / 3-D Technology

## 5 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 scannings 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*

## 6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  
*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement*

Keine / *None*



<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Bock, G., Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://nt.upb.de/index.php?id=vt">http://nt.upb.de/index.php?id=vt</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafeleinsatz und Präsentationen,</li> <li>• Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Tafeleinsatz</li> <li>• Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung</li> <li>• <i>Lectures using the blackboard and presentations,</i></li> <li>• <i>Alternating theoretical and practical exercise classes with blackboard</i></li> <li>• <i>Demonstration of real technical systems in the lecture hall.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
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.  
 Farbmeterik und Farbsehen  
 Oldenbourg Verlag, München 1978  
 9. Tauer, Holger  
 Stereo 3D: Grundlagen, Technik und Bildgestaltung  
 Verlag Schiele & Schön, Berlin 2011

## Ausgewählte Kapitel der Theoretischen Elektrotechnik

<b>Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik</b> <i>Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24023	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24023 Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.24023 Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus dem Pflichtmodul Theoretische Elektrotechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>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.</p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik gliedert sich wie folgt:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Theorie der Eigenwellen und deren Anwendung in der Streuparametertheorie           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ez-Hz-Feldansatz für längshomogene Wellenleiterstrukturen</li> <li>○ Systembeschreibung mittels Streumatrizen</li> <li>○ Grundlagen der Mode-Matching-Methode</li> </ul> </li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Greensche Methode in der elektromagnetischen Feldtheorie <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Greensche Funktionen und deren Bestimmung</li> <li>○ Die Aperturfeldmethode in der Antennentheorie</li> <li>○ Lösung physikalischer Feldprobleme mittels Greenscher Funktionen</li> </ul> </li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>
<b>Fachkompetenz / <i>Domain competence:</i></b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexere zeitharmonische elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)</li> <li>• eine geeignete analytische Lösungsmethode zu identifizieren, anzuwenden und zu überprüfen (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)</li> <li>• die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu bewerten (Evaluieren)</li> </ul>
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / <i>Key qualifications:</i></b> 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>6 Prüfungsleistung / <i>Assessments</i></b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / <i>Study achievement</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / <i>Prerequisites for participation in examinations</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / <i>Prerequisites for assigning credits</i></b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / <i>Weighing for overall grade</i></b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / <i>Reuse in degree courses</i></b>
EMA, WGMAET, MA LABKET EMA, WGMAET, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / <i>Module coordinator</i></b>
Sievers, Denis, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / <i>Other notes</i></b>
<b>Modulseite / <i>Module Homepage</i></b> <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>

**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.

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

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

## Feldberechnung mit der Randelementmethode

<b>Feldberechnung mit der Randelementmethode</b> <i>Field Computation Using Boundary Element Method</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24013	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24013 Feldberechnung mit der Randelementmethode: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.24013 Field Computation Using Boundary Element Method: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Veranstaltungen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
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 Ingenieurpraxis gerichtet ist.			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Die Vorlesung Feldberechnung mit der Randelementmethode gliedert sich wie folgt:			
<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> </ol>			

<ul style="list-style-type: none"> <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> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / <i>Learning outcomes and competences</i></b>
<p><b>Fachkompetenz / <i>Domain competence:</i></b>  Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)</li> <li>• die Randlelementmethode auf physikalische Probleme zu übertragen, anzuwenden und zu prüfen (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)</li> <li>• numerisch gewonnene Ergebnisse zu visualisieren und physikalisch zu deuten (Evaluieren)</li> </ul> <p><i>After attending the course, the student will be able to</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>mathematically model complex electromagnetic field problems</i></li> <li>• <i>transfer, apply, validate the Boundary Element method on physical problems</i></li> <li>• <i>to physically interpret and visualise the obtained results</i></li> </ul>
<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / <i>Key qualifications:</i></b>  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>
<b>6 Prüfungsleistung / <i>Assessments</i></b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / <i>Study achievement</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / <i>Prerequisites for participation in examinations</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / <i>Prerequisites for assigning credits</i></b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / <i>Weighing for overall grade</i></b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / <i>Reuse in degree courses</i></b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / <i>Module coordinator</i></b>
Sievers, Denis, Dr.-Ing.

### 13 Sonstige Hinweise / Other notes

#### Modulseite / Module Homepage

<http://tet.upb.de/>

#### 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.

#### Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature

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

## Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode

### Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode *Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method*

Modulnummer / <i>Module number</i>	Workload (h)	Leistungspunkte / <i>Credits</i>	Turnus / <i>Regular cycle</i>
M.048.24018, M.048.92036	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	Studiensemester / <i>Semester number</i>	Dauer (in Sem.) / <i>Duration (in sem.)</i>	Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i>
	1-3	1	Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>

#### 1 Modulstruktur / Module structure

L.048.24018 Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92036 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

#### 2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module

Keine / None

#### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

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

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*Detailed knowledge of the Maxwell Equations, their properties and solutions as taught in the course Fields&Waves. Mathematical basis knowledge on differential equations and vector analysis.*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

#### 4 Inhalte / Contents

##### Kurzbeschreibung / Short Description

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.

*This course provides an introduction to the 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.*

### **Inhalt / Contents**

#### **Inhalt**

- Einführung, Motivation
- Grundlagen der Discontinuous Galerkin Methode
- Linear Systeme
- Theoretische Grundlagen, Diskrete Stabilität
- Numerische Probleme, Stabilität
- Höhere Ordnungen, Globale Eigenschaften
- Simulation elektromagnetischer Felder

#### **Contents**

- *Introduction, Motivation, History*
- *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*

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

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

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

- komplexe elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)
- die Discontinuous Galerkin Methode auf physikalische Probleme zu übertragen, anzuwenden und zu prüfen (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)
- numerisch gewonnene Ergebnisse zu visualisieren und physikalisch zu deuten (Evaluieren)

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

- *mathematically model complex electromagnetic field problems*
- *transfer, apply, validate the Discontinuous Galerkin method on physical problems*
- *to physically interpret and visualise the obtained results*

### **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*

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min/ 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / <i>Study achievement</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / <i>Prerequisites for participation in examinations</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / <i>Prerequisites for assigning credits</i></b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / <i>Weighing for overall grade</i></b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / <i>Reuse in degree courses</i></b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / <i>Module coordinator</i></b>
Grynko, Yevgen
<b>13 Sonstige Hinweise / <i>Other notes</i></b>
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b> Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, in der zugehörigen programmierpraktischen Übung werden für einfache Problemstellungen der Simulationstechnik kleine Programme erstellt. <i>The theoretical concepts are presented in form of a lecture. In the corresponding exercises simulation techniques are practised by writing or adapting small programs.</i>

## Topics in Signal Processing

<b>Topics in Signal Processing</b> <i>Topics in Signal Processing</i>			
<b>Modulnummer / <i>Module number</i></b> M.048.24017, M.048.92014	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / <i>Credits</i></b> 6	<b>Turnus / <i>Regular cycle</i></b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / <i>Semester number</i></b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / <i>Duration (in sem.)</i></b> 1	<b>Unterrichtssprache / <i>Teaching Language</i></b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / <i>Module structure</i></b>			
L.048.24017 Ausgewählte Kapitel der Signalverarbeitung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.24017 Topics in Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / <i>Options within the module</i></b>			



Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. <i>Signal and system theory, at least a basic understanding of probability and linear algebra</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<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. <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>
<b>Inhalt / Contents</b> 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. <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>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
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. <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>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / Final modul exam Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>



EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Schreier, Peter, Prof. Dr.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://sst.upb.de">http://sst.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Vorlesung und Übung mit aktiver Beteiligung der Studenten, Präsentationen von Studenten <i>Lectures and tutorials with active student participation, student presentations</i>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben. <i>References will be given in the first lecture.</i>

## Optical Waveguide Theory

<b>Optical Waveguide Theory</b> <i>Optical Waveguide Theory</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24019, M.048.92038	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24019 Optical Waveguide Theory: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.24019 Optical Waveguide Theory: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Grundlagen der Elektrodynamik (auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen"), Mathematische Grundlagen (Bachelor Niveau) Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. <i>Bachelor-level knowledge in electrodynamics and mathematics as taught in the course Fields&amp;Waves.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Dielektrische optische Wellenleiter sind Schlüsselemente heutiger integrierter optischer/photoni-scher Schaltkreise. Dieser Kurs bietet eine Einführung zur theoretischen Behandlung und eine Grundlage für weitergehende Modellierung, Simulation und Design von Wellenleitern.			

*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.*

#### **Inhalt / Contents**

- Photonik, integrierte Optik, dielektrische Wellenleiter: Beispiele, Motivation.
  - Kurze Wiederholung der benötigten mathematischen Hilfsmittel.
  - Maxwellgleichung in verschiedenen Formulierungen, Klassen von Problemen.
  - Normale Moden in dielektrischen optischen Wellenleitern, Orthogonalität, Vollständigkeit, Streumatrizen, reziproke Schaltkreise.
  - Beispiele für dielektrische optische Wellenleiter (Mehrschichtsysteme, integriert-optische Kanäle, Glasfasern), gebogene Wellenleiter, Whispering-Gallery Moden.
  - 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.*

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

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

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

- Systeme der integrierten Optik und Photonik mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)
- analytische Lösungsmethoden und Näherungsverfahren zu identifizieren, anzuwenden und zu validieren (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)
- die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu bewerten (Evaluieren)
- theoretische Modelle für Systeme der integrierten Optik und Photonik zu entwickeln und deren Gültigkeit zu validieren (Synthetisieren, Evaluieren)

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

- *to mathematically model electromagnetic field problems of systems in integrated optics and photonics*
- *to identify, apply and verify appropriate analytical methods and approximation techniques*
- *to physically interpret and visualise the obtained results*
- *to extend, develop and validate theoretical models for integrated optics and photonics*

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

Die Studierenden

- lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen (Elemente der Elektrotechnik, Physik und Mathematik werden angesprochen),

<ul style="list-style-type: none"> <li>• erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben und der Vorstellung und Diskussion ihrer eigenen Lösungen,</li> <li>• erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,</li> <li>• erwerben weitere fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.</li> </ul> <p><i>The students</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>learn to transfer the acquired skills also to other disciplines</i></li> <li>• <i>extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the context of solving the exercises</i></li> <li>• <i>learn strategies to acquire knowledge from literature and internet</i></li> <li>• <i>acquire a specialised foreign language competence</i></li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Hammer, Manfred, Dr.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://ei.uni-paderborn.de/tet/">http://ei.uni-paderborn.de/tet/</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>  Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert; Übungen und Hausaufgaben vertiefen und ergänzen die Theorie.  <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>

### III.3.4 Mikroelektronik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Mikroelektronik <i>Micro Electronics</i>
Module / <i>Modules</i>	<p>Sommersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RFID Funketiketten</li> <li>• Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation</li> <li>• Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip</li> <li>• Analoge CMOS- Schaltungen</li> <li>• Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</li> <li>• Advanced VLSI Design</li> </ul> <p>Wintersemester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation</li> <li>• Test hochintegrierter Schaltungen</li> <li>• Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip</li> <li>• Technologie hochintegrierter Schaltungen</li> <li>• Hochfrequenzleistungsverstärker</li> <li>• Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen)</li> </ul>
Katalogverantwortlicher // <i>Catalogue advisor</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Die Module 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.</p> <p>Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur problemorientierten Auswahl geeigneter Modelle zur Veranschaulichung und Simulation und die Fähigkeit zur Beurteilung logischer Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessanteilen.</p>

## RFID Funketiketten

<b>RFID-Funketiketten</b> <i>RFID transponders</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25011	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25011 RFID-Funketiketten: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) <i>L.048.25011 RFID transponders: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Werkstoffe der Elektrotechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</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 / Contents</b>			
Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:			
<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>			
<i>In detail the following topics are covered:</i>			
<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> <li>• <i>Data integrity</i></li> <li>• <i>Data safety</i></li> <li>• <i>Design of RFID readers</i></li> </ul>			

- *Fabrication of transponders*

## 5 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.*

## 6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%*

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement*

Keine / *None*

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*

Keine / *None*

## 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

## 10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

## 11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, MA LABKET EMA, WGMAET, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Projektor und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Prä-sentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>Exercises based on exercise sheets with students presenting their own solutions</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> 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> <p><i>Additional links to books and other material available at the webpage</i></p>

## Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation

<b>Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation</b> <i>Integrated Circuits for Wireless Communications</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25017, M.048.92028	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25017 Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92028 <i>Integrated Circuits for Wireless Communications</i> : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorlesung Schaltungstechnik bzw. Circuit and System Design Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			



#### 4 Inhalte / Contents

##### **Kurzbeschreibung / Short Description**

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.

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 Höchsthfrequenz-Modellierung von passiven und aktiven Bauelementen notwendig.

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 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*

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

Die Studierenden sind nach Besuch der Vorlesung in der Lage,

- Architekturen und Schaltungen von drahtlosen Kommunikationssystemen zu beschreiben
- wesentliche Übertragungseigenschaften von Funksystemen zu beschreiben und zu berechnen
- Entwurfsmethoden anzuwenden, um integrierte Schaltungskomponenten für Funksysteme zu entwerfen

*The students will be able*

- *to describe architectures and circuits of wireless communication systems*
- *to describe and calculate fundamental signal transmission properties of wireless systems*
- *to apply design methods to design components of radio frequency ICs*

#### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%*

#### **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Scheytt, J. Christoph, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <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>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</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-Entwurfssoftware</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>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
Folien zur Vorlesungen und Übung werden über PAUL zur Verfügung gestellt. <i>Lecture and exercise slides will be made available through PAUL system.</i>
<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 / Comments</b>

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

<b>Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip</b> <i>Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25016, M.048.92007	<b>Workload (h)</b>  180	<b>Leistungspunkte / Credits</b>  6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemes- ter / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>  1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>  1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25016 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92007 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Grundlagen der Technischen Informatik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Introduction to Computer Engineering</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> 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. <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>			
<b>Inhalt / Contents</b> Unter anderem werden die folgenden Themen behandelt: <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> <i>Topics include but are not restricted to:</i> <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>			

<b>5 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>• ausgewählte aktuelle Ansätze aus dem Bereich Test und Diagnose zu beschreiben,</li> <li>• die grundlegenden Modelle und Algorithmen dafür zu erklären und anzuwenden, sowie</li> <li>• die speziellen Herausforderungen bei Fertigungstechnologien im Nanometerbereich zu erklären und Teststrategien im Hinblick darauf zu bewerten.</li> </ul> <p><i>After attending the course, the students will be able</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to describe recent approaches in test and diagnosis,</i></li> <li>• <i>to explain and apply the underlying models and algorithms,</i></li> <li>• <i>to explain the specific challenges of nanoscale integration and evaluate test strategies accordingly.</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vorhandenes Grundlagenwissen zur selbständigen Erarbeitung neuer Inhalte einsetzen,</li> <li>• die erarbeiteten neuen Inhalte in einem Fachvortrag präsentieren und</li> <li>• die erarbeiteten neuen Inhalte in einer schriftlichen Ausarbeitung nach den Richtlinien wissenschaftlicher Fachartikel beschreiben.</li> </ul> <p><i>The students are able</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to apply their basic knowledge for studying and understanding new approaches from the state of the art literature,</i></li> <li>• <i>to present the new contents in a conference style presentation, and</i></li> <li>• <i>to describe the new contents in a scientific manuscript.</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</p> <p><i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.

### 13 Sonstige Hinweise / Other notes

#### Modulseite / Module Homepage

<http://www.date.upb.de/pages/en/teaching/homepage.php>

#### 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*

#### Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature

- Vorlesungsfolien
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs
  
- *Lecture slides*
- *Additional material can be found in koala*
  
- Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Kluwer Academic Publishers, 2000
- 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
- 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.)

## Analoge CMOS-Schaltkreise

<b>Analoge CMOS-Schaltkreise</b>			
<i>Analog CMOS ICs</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25008, M.048.92015	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / German or English (depending on demand)
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25008 Analoge CMOS-Schaltkreise: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92015 Analog CMOS ICs: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			

### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

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

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

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

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

### 4 Inhalte / Contents

#### Kurzbeschreibung / Short Description

Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse zur analogen Transistorschaltungstechnik mit besonderem Bezug zur CMOS-Technologie.

*The course provides basic knowledge on analogue circuit technology with particular regard to complementary MOS transistors.*

#### Inhalt / Contents

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.

*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.*

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

#### Fachkompetenz / Domain competence:

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

- das Verhalten von analogen Schaltungen mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren
- und das so erworbene Wissen kreativ beim Schaltungsentwurf einzusetzen.

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

- *analyse the characteristics of analogue circuits using scientific methods*
- *and can make creative use of the acquired knowledge in the circuit design process.*

#### Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:

Die Studierenden

- können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,
- 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,*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>and gain foreign language competences related to the field.</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,</li> <li>• Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters erarbeiten.</li> <li>• <i>Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies,</i></li> <li>• <i>Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Vorlesungsskript Universität Paderborn <i>A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Lecture Script University Paderborn</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Razavi, B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw Hill. 2001</li> </ul>



## Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits

<b>Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</b> <i>Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.079.4010	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.079.40101 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits: 2V+1Ü (45h / 135h / WP / 50)			
L.079.40101 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits: 2L+1Ex (45h / 135h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</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 / Contents</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>5 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>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>			
Modulabschlussprüfung / Final modul exam			



Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%
<i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Ghasemzadeh Mohammadi, Hassan, Dr.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Micheli, Giovanni De. Synthesis and optimization of digital circuits. McGraw-Hill Higher Education, 1994.

## Advanced VLSI Design

<b>Advanced VLSI Design</b> <i>Advanced VLSI Design</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.25021, M.048.92043	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25021 Advanced VLSI Design: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92043 Advanced VLSI Design: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			

### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Grundlagen der Digitaltechnik / Grundlagen des VLSI-Entwurfs

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*Fundamentals of Digital Circuits / Fundamentals of VLSI Design*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

### 4 Inhalte / Contents

#### Kurzbeschreibung / Short Description

Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über die moderne anwendungsorientierte Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese digitaler Systeme auf verschiedenen Abstraktionsebenen bis hin zum Chip-Layout.

*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.*

#### Inhalt / Contents

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.

*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.*

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

#### Fachkompetenz / Domain competence:

Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage

- einfache digitale Schaltungen auf verschiedenen Abstraktionsebenen zu modellieren, 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

<ul style="list-style-type: none"> <li>• moderne Sprachen zur Beschreibung digitaler Schaltungen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit für die verschiedenen Anwendungen zu beurteilen, auszuwählen und anzuwenden und</li> <li>• die verschiedenen Methoden und Werkzeuge im modernen VLSI-Entwurf anzuwenden.</li> </ul> <p><i>After the course students are able</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to assess, select and apply modern digital circuit description languages for their different applications,</i></li> <li>• <i>apply the different methods and tools in the modern VLSI design.</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Müller, Wolfgang, Dr.rer.nat.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <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>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Beamer und White-Board</li> <li>• Übungen mit Übungsblättern am Computer</li> <li>• <i>Lecture with LCD projector and white board</i></li> <li>• <i>Exercises with assignments and hands-on labs</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien und Übungsblätter werden über PAUL zur Verfügung gestellt</li> <li>• IEEE Standard-Referenzhandbücher: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497</li> <li>• Einzelliteratur zu einzelnen Lehreinheiten</li> <li>• <i>Lecture notes and exercise sheets will be provided via PAUL</i></li> </ul>

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

### III.3.5 Optoelektronik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Optoelektronik <i>Optoelectronics</i>
Module / <i>Modules</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Nachrichtentechnik B</li> <li>• Optische Nachrichtentechnik D</li> <li>• Polarisationsaspekte der Optischen Nachrichtentechnik B</li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Nachrichtentechnik A</li> <li>• Optische Nachrichtentechnik C</li> <li>• Hochfrequenzelektronik</li> <li>• Polarisationsaspekte der Optischen Nachrichtentechnik A</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Künftigen Ingenieurinnen und Ingenieuren der Elektrotechnik eröffnen sich nach erfolgreichem Studium der Modul 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>

## Optische Nachrichtentechnik B

<b>Optische Nachrichtentechnik B</b> <i>Optical Communication B</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26004, M.048.92020	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26004 Optische Nachrichtentechnik B: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92020 Optical Communication B: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik B vermittelt Kenntnisse auf dem Gebiet der Modenkopplung in der Optischen Nachrichtentechnik und erklärt damit die Funktion vieler optischer Komponenten. <i>The lecture Optical Communication B gives some knowledge about mode coupling in Optical Communication and explains the function of many optical components.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
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 Koppeler, Bragg-Gitter, polarisationserhaltende Lichtwellenleiter, Polarisationstransformatoren, Entzerrer für Polarisationsmodendispersion und chromatische Dispersion. <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>			
<b>5 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, im behandelten Umfang <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und</li> <li>• Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden.</li> </ul>			

## **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, in the taught subjects, 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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  
*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%*

## **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

## **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

## **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  
*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

## **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  
*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

## **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET  
*EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET*

## **12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.

## **13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://ont.upb.de>

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

*Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):*

- Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002
- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 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

<b>Optische Nachrichtentechnik D</b> <i>Optical Communication D</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26006, M.048.92022	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / German or English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26006 Optische Nachrichtentechnik D: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92022 Optical Communication D: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik D vermittelt Kenntnisse über nichtlineare optische Verzerrungen in Lichtwellenleitern, elektronische Detektion linearer Verzerrungen, außerdem Polarisationsverwürfelung. <i>The lecture Optical Communication D gives knowledge about nonlinear optical effects in waveguides, their electronical detection, furthermore polarization scrambling.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Ausgewählte Kapitel (4 SWS, 6 Leistungspunkte) in Optischer Nachrichtentechnik: Nichtlineare Verzerrungen in Lichtwellenleitern und ihre Polarisationsabhängigkeit, elektronische Detektion linearer optischer Verzerrungen, Polarisationsverwürfelung, ... . Nichtlineare Verzerrungen haben große Praxisbedeutung und sind schwierig zu beherrschen. Die Studenten sollten außerdem Themen ihrer Wahl vorbereiten und den anderen vortragen.			



*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.*

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

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

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang

- 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, in the taught subjects, 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*

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%*

## **7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

## **8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

## **9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

## **10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

## **11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): <i>Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7</li> <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>

## Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B

<b>Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B</b> <i>Polarization Aspects in Optical Communication B</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26009	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / German or English (depending on demand)
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26009 Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B: 2V+2Ü (60h / 120h / WP / 50) L.048.26009 Polarization Aspects in Optical Communication B: 2L+2Ex (60h / 120h / C / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Polarisationsaspekte in der Optischen Nachrichtentechnik A			

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

### *Polarization Aspects in Optical Communication A*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

## **4 Inhalte / Contents**

### **Kurzbeschreibung / Short Description**

Die Veranstaltung 'Polarisationsaspekte in der Optischen Nachrichtentechnik B' befaßt sich schwerpunktmäßig mit der Polarisation im Rahmen der nichtlinearen Effekte und Anwendungen in der Optischen Nachrichtentechnik.

*The lecture 'Polarization aspects in the Optical Communication B' deals with the polarization in the nonlinear effects and applications in the optical communication.*

### **Inhalt / Contents**

- Nichtlinearität 3. Ordnung, Kerr-Effekt
- Selbstphasenmodulation (SPM), Kreuzphasenmodulation (XPM) zweier Signale, Vierwellenmischung (FWM): Beschreibung und Anwendungen
- Brillouin-Streuung, und Raman-Streuung, Verstärker
- Elektrooptischer und akustooptischer Effekt
- LiNbO<sub>3</sub>: Ausnutzung der Doppelbrechung
- Polarisationsabhängigkeit in Phasenmodulatoren, Mach-Zehnder-Modulatoren und anderen
- Sonstige Auswirkungen der Polarisation in der Optischen Nachrichtentechnik
  
- *Third-order nonlinearity, Kerr effect*
- *Self-phase modulation (SPM), cross-phase modulation (XPM) of two signals, Four-wave mixing (FWM): Description and applications*
- *Brillouin scattering and Raman scattering, amplification*
- *Electrooptical and acoustooptical effect*
- *Lithiumniobate: Application of birefringence*
- *Polarization dependence in Phase modulator, Mach-Zehnder modulator and others*
- *Further impacts of polarization in the optical communication*

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

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

Die Studenten können nach dem Besuch der Lehrveranstaltung

- das in der Lehrveranstaltung 'Polarisationsaspekte in der Optischen Nachrichtentechnik A' erworbene Wissen zu vertiefen,
- die besondere Bedeutung der Polarisation im Rahmen der nichtlinearen Phänomene beschreiben und anwenden und,
- die herausragende Bedeutung des Lithiumniobats zu erkennen und anwenden.

*The students having this lecture will be able to*

- *deepen the knowledge from the lecture 'Polarization Aspects in Optical Communication A',*
- *describe and apply the significant importance in the context of nonlinear phenomena and*
- *recognize and apply the significant importance of lithiumniobate.*

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

Die Studenten können

- das hierbei erworbene Wissen disziplinübergreifend anwenden,
- das methodenorientierte Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und

<ul style="list-style-type: none"> <li>sich selbst weiterbilden durch abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte</li> </ul> <p><i>The students are able to</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>use the hereby acquired knowledge interdisciplinary,</i></li> <li><i>use the method-oriented approach in systematic analysis and</i></li> <li><i>develop themselves by abstract and precise treatment of contents.</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> mündliche Prüfung / 30-45 min / 100% <i>Oral Examination / 30-45 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EBA, WGMAET <i>EBA, WGMAET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Sandel, David, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Noé, R., Heidrich, H., Hoffmann, D.: Endless polarization control systems for coherent optics. IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, pp. 1199-1207</li> <li>R. Noé, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage/2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7</li> <li><a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation">https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation</a>, <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)">https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)</a></li> <li><a href="http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber">http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber</a></li> <li>G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik: Eine Einführung, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992, (umfassend, viel über Polarisation, viele Zwischenschritte fehlen)</li> </ul>

### III.3.6 Prozessdynamik

Kataloname / <i>Name of catalogue</i>	Prozessdynamik <i>Process Dynamics</i>
Module / <i>Modules in the catalouge</i>	Sommersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Regelungstechnik</li> <li>• Mechatronik und elektrische Antriebe</li> <li>• Ultraschallmesstechnik</li> <li>• Mikrosensorik</li> <li>• Advanced Control Methods for Mechatronics</li> </ul> Wintersemester: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Regelungstechnik</li> <li>• Geregelte Drehstromantriebe</li> <li>• Advanced System Theory</li> <li>• Technische Akustik</li> <li>• Dynamic Programming and Stochastic Control</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / <i>Credits ECTS</i>	6 pro Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>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.</p> <p>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.</p>

## Höhere Regelungstechnik

<b>Höhere Regelungstechnik</b> <i>Advanced Control</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27001, M.048.92037	<b>Workload (h)</b>  180	<b>Leistungspunkte / Credits</b>  6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemes- ter / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>  1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>  1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27001 Höhere Regelungstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92037 <i>Advanced Control</i> : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Bachelorlehrveranstaltungen zur Regelungstechnik und Systemtheorie werden vorausgesetzt- Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Undergraduate-level systems theory and automatic control</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> 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. <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>			
<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>• modelprädiktive 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> </ul>			

- *controller design via pole placement and Youla parameterisation*
- *Actuator constraints and anti-windup mechanism*
- *dynamic programming*
- *linear quadratic regulator*
- *Kalman filter*
- *model predictive control*

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

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

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

- das dynamische Verhalten von zeitdiskreten rückgekoppelten Systemen zu analysieren
- geeignete Regeleinrichtungen zu entwerfen

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

- *study the dynamics of discrete-time feedback systems*
- *design appropriate control systems*

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

Die Studierenden

- 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.*

## 6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

## 7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievement*

Keine / *None*

## 8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*

Keine / *None*

## 9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

## 10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

## 11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET



EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://control.upb.de/">http://control.upb.de/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafelinsatz und Folien-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Simulationen am Rechner</li> <li>• <i>Lectures using blackboard and slides</i></li> <li>• <i>Tutorials with study guides and computer simulations</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Der Kurs basiert sich auf ausgewählte Teile der angefügten Literaturliste. Dazu werden Skript und Übungsblätter bereitgestellt. <i>The course uses a selection of material from the books included in the list below. In addition, lecture notes and study guides are provided.</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K. J. Astrom and B. Wittenmark, Computer controlled systems. Theory and design. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, second ed., 1990.</li> <li>• G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Control System Design. Prentice-Hall, 2001.</li> <li>• J. B. Rawlings and D. Q. Mayne, Model Predictive Control: Theory and Design. Madison, WI: Nob Hill Publishing, 2009.</li> <li>• B. D. O. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1979.</li> <li>• K. J. Astrom, Introduction to Stochastic Control Theory. New York, N.Y.: Academic Press, 1970.</li> </ul>

## Mechatronik und elektrische Antriebe

<b>Mechatronik und elektrische Antriebe</b> <i>Mechatronics and Electrical Drives</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.27006, M.048.92003	180	6	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27006 Mechatronik und elektrische Antriebe: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92003 Mechatronics and Electrical Drives: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			



### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

Bachelor-Kurs über die Grundlagen elektrischer Antriebe

Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

*Bachelor's course on basics of electrical drives*

*Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

### 4 Inhalte / Contents

#### Kurzbeschreibung / Short Description

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.

*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.*

#### Inhalt / Contents

- Einführung und Definition mechatronischer Systeme (Mechanik, Elektrotechnik, Informationstechnik)
- Grundstruktur mechatronischer Systeme (Energie-, Material-, Informationsflüsse, Regelkreis)
- Modellierung mit Hilfe von Energieprinzipien (innere Energie, Ergänzungsenergie)
- Modellierung und Berechnung von magnetischen Kreisen (Felder, Reluktanz, Induktivität, Fluss, Durchflutung)
- Ferromagnetische und permanentmagnetische Materialien (Magnetisierungskennlinie, Hysterese, Magnetisierungsverluste)
- Modellierung und Regelung eines mechatronischen Systems am Beispiel eines Magnetlagers
- Switched-Reluctance-Motor
- Gleichstrommotor
- Elektronisch kommutierter Gleichstrommotor
  
- *Introduction and definition of mechatronic systems*
- *Basic structure of mechatronic systems (flow of energy, material and information, control loop)*
- *Modeling based on energy principles (internal energy, co-energy)*
- *Modeling and computation of magnetic circuits (field, reluctance, inductance, flux, MMF)*
- *Ferromagnetic and permanent magnet materials*
- *Modeling and control of a mechatronic system taking a magnetic bearing as an example*
- *Switched reluctance motor*
- *DC motor*
- *Brushless DC motor (characteristics, structure, modeling, power electronics, control)*

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

#### Fachkompetenz / Domain competence:

- Verständnis von mechatronischen Systemen als das Zusammenwirken von elektro-magnetischen, mechanischen und informationsverarbeitenden Komponenten
- Systemmodellierung auf der Basis von Energieprinzipien
  
- *Understanding of mechatronic systems as interacting electromagnetic, mechanic and information processing components*

- *System modeling based on energy principles*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

- Übertragung bekannter Prinzipien in andere Fachdisziplinen
- Erweiterung des Abstraktionsvermögens
- Funktionale Sichtweise
- *Application of known principles in different disciplines*
- *Extension of the ability to abstract*
- *Functional reflection*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://www.lea.upb.de>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

Ein Teil der Übungen wird als Rechnerübungen angeboten.

*Parts of the course are organized as computer-based exercises.*

**Lernmaterialien, 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.*

## Ultraschallmesstechnik

<b>Ultraschallmesstechnik</b> <i>Ultrasonic measurement technology</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27015	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27015 Ultraschallmesstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.27015 Ultrasonic measurement technology: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<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, Füllstand...)</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultraschall einzusetzen, um akustische und nicht akustische Größen damit zu bestimmen.</li> </ul>			
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</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>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <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>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</p>

## Mikrosensorik

<b>Mikrosensorik</b> <i>Micro Sensors</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i> M.048.27016	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i> 6	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i> 1	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur /</b> <i>Module structure</i>			
L.048.27016 Mikrosensorik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.27016 Micro Sensors: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls /</b> <i>Options within the module</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen /</b> <i>Admission requirements</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte /</b> <i>Contents</i>			
<b>Kurzbeschreibung /</b> <i>Short Description</i>			
<p>Die Lehrveranstaltung „Mikrosensorik“ behandelt Konzepte und Wirkprinzipien mikroelektronischer Sensoren. Das Arbeitsgebiet erstreckt sich von Temperatur- und Strahlungssensoren über chemische Sensoren wie die Lambdasonde im automotiven Bereich bis hin zu Magnetfeldsensoren, so dass ein breites Spektrum abgedeckt wird. Ebenfalls soll das Grundverständnis der Herstellung hybrider und integrierter Sensoren vermittelt werden.</p> <p><i>The course "Micro Sensors" bases on concepts and physical effects of microelectronic sensors. The work concerns temperature and radiation sensors, chemical sensors like the lambda sensor for automotive and magnetic sensors. Additionally basic knowledge about fabricating hybrid and integrated sensors is taught.</i></p>			
<b>Inhalt /</b> <i>Contents</i>			
Im Einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellungsverfahren</li> <li>• Temperatursensoren</li> <li>• Sensoren für Kraft, Druck und Beschleunigung</li> <li>• Magnetfeldsensoren</li> <li>• Feuchtesensoren</li> <li>• Chemische Sensoren</li> </ul>			
<i>In detail the following topics are covered:</i>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fabrication processes</i></li> <li>• <i>Temperature sensors</i></li> <li>• <i>Sensors for forces, pressure and acceleration</i></li> <li>• <i>Magnetic sensors</i></li> <li>• <i>Humidity sensors</i></li> <li>• <i>Chemical sensors</i></li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen /</b> <i>Learning outcomes and competences</i>			

**Fachkompetenz / Domain competence:**

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

- die Herstellungsverfahren mikroelektronischer Bauelemente zu verstehen und zu erklären
- die Wirkprinzipien verschiedener Sensoren nachzuvollziehen und zu beschreiben
- Anwendungsgebiete der unterschiedlichen Sensoren für reale Einsatzzwecke zuzuordnen

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

- *to explain and understand fabrication processes of semiconductor technology,*
- *to describe the physical effects of different sensors*
- *to decide which application area to choose for the sensors*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden können

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

*The students*

- *are able to find solution for specific applications concerning sensors*
- *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.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%

*Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre>

**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 in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions*

**Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature**

Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides

- Hilleringmann: Mikrosystemtechnik
- Elbel: Mikrosensorik
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite

*Additional links to books and other material available at the webpage*

Advanced Control Methods for Mechatronics

<b>Advanced Control Methods for Mechatronics</b> <i>Advanced Control Methods for Mechatronics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27024, M.048.92039	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27024 Advanced Control Methods for Mechatronics: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) L.048.92039 Advanced Control Methods for Mechatronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> 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.

*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.*

### **Inhalt / Contents**

Wesentliche Inhalte der Vorlesung:

- Systematischer Entwurf von SISO LTI Reglern anhand von Frequenzvorgaben
- Entwurf von Regelungssystemen mit parametrischen Modellunbestimmtheiten
- Robuste LQ-Regelungen mit Ausgangsrückführung
- Entwurf der Regelungsstruktur
- Entwurf eines Beobachters für Störungen
- Repetitive Regelungen und iteratives Lernen

*The following topics are considered:*

- *Systematic design of SISO LTI controllers using frequency domain specifications*
- *Parametric robust control design*
- *Robust LQ control with loop transfer recovery*
- *Control architectures with preview*
- *Disturbance observer design*
- *Repetitive control and learning algorithms*

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

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

Durch die Vorlesung eignen sich Teilnehmer Wissen an über

- die Grundlagen parametrischer robuster Regelung
- die Grundlagen robuster optimaler Steuerung
- 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*

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**



<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / <i>Study achievement</i></b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / <i>Prerequisites for participation in examinations</i></b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / <i>Prerequisites for assigning credits</i></b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / <i>Weighing for overall grade</i></b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / <i>Reuse in degree courses</i></b></p>
<p>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / <i>Module coordinator</i></b></p>
<p>Demirel, Burak, Dr.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / <i>Other notes</i></b></p>
<p><b>Modulseite / <i>Module Homepage</i></b>  <a href="http://controlsystems.upb.de">http://controlsystems.upb.de</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b>  Die Teilnehmer lernen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen / Präsentationen</li> <li>• Übungen mit auf MATLAB und Simulink basierenden Simulationen</li>   <li>• <i>Lectures using slides</i></li> <li>• <i>Tutorials with computer simulations based on MATLAB and Simulink</i></li> </ul>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / <i>Teaching Material, Literature</i></b>  die Veranstaltung basiert auf Vorlesungsskripten, die zur Zeit in Vorbereitung sind und in naher Zukunft in IET Control, Robotics &amp; Sensors veröffentlicht werden. Zusätzlich wird in der Veranstaltung auf Material aus folgenden Büchern zurückgegriffen:  <i>The course is based on lecture notes, which are in preparation and will be published in IET Control, Robotics &amp; Sensors in the near future. In addition, the course uses a selection of material from the books included in the list below:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. J. Ackermann. Robust Control - The Parameter Space Approach, Springer Verlag, London, 2002</li> <li>2. J. C. Doyle, B. A. Francis and A. R. Tannenbaum. Feedback Control Theory, Dover Publications, Inc. Mineola, New York, 1992</li> <li>3. S. Skogestad and I. Postlethwaite. Multivariable Feedback Control - Analysis and Design, Wiley, England, 2005</li> <li>4. K. J. Astrom and B. Wittenmark. Computer Controlled Systems - Theory and Design, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 2nd Edition, 1990</li> <li>5. R. Isermann. Mechatronic Systems - Fundamentals, Springer Verlag, 2005</li> </ol>



## III.4 Projektarbeit

### Halbjahresprojekt

<b>Projektarbeit I</b> <i>Project I</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.28001 bis M.048.28499	<b>Workload (h)</b>  270	<b>Leistungspunkte / Credits</b>  9	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemes- ter / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>  2-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>  1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / <i>Ger- man or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.28001 - .28499 "Projektname (Projekt)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / WP / 25) <i>L.048.28001 - .28499 "Project name (Project)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / CE / 25)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>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.</p> <p><i>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.</i></p>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Lernziele:</b>			
<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>			
<b>Learning objectives</b>			

*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.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Referat / 30min / 100%

Presentation / 30min / 100%

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA

EMA

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Lehrende des Instituts / *Lecturers of the institute*

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Projektarbeit II**

**Project II**

<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.28001 bis M.048.28499	270	9	Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	2-3	1	Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>

**1 Modulstruktur / Module structure**

L.048.28001 - .28499 "Projektname (Projekt)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / WP / 25)

*L.048.28001 - .28499 "Project name (Project)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / CE / 25)*

**2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module**

Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Keine / None
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>
<p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>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.</p> <p><i>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.</i></p>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Lernziele:</b></p> <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><b>Learning objectives</b></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>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / Final modul exam</p> <p>Referat / 30min / 100%</p> <p>Presentation / 30min / 100%</p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA EMA
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Lehrende des Instituts / Lecturers of the institute
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>

## Jahresprojekt

<b>Projektarbeit</b> <i>Project</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.28501 - M.048.28599	540	18	Winter- und Sommersemes- ter / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	2-3	2	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.28501 - .28999 "Projektname (Projekt)": 18P (0 h - 270 h / 270 h - 540 h / WP / 25) <i>L.048.28501 - .28999 "Project name (Project)": 18P (0 h - 270 h / 270 h - 540 h / CE / 25)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
1 aus n <i>1 of n</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
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. <i>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.</i>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			

**Lernziele:**

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.

***Learning objectives***

*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.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Referat / 30min / 100%

*Presentation / 30min / 100%*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

EMA

*EMA*

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Lehrende des Instituts / *Lecturers of the institute*

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

## III.5 Masterarbeit

### Masterarbeit

<b>Masterarbeit</b> <i>Master thesis</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> A.048.20001	<b>Workload (h)</b> 900	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 30	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 4	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
<p>Die konkreten Inhalte der Masterarbeit 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 Masterarbeiten und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen.</p> <p><i>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.</i></p>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Die Masterarbeit 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 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>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Lernziele</b>			
Mit der Masterarbeit 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.

***Learning Objectives***

*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.*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Masterarbeit

*Master thesis*

**7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement**

Keine / *None*

**8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations**

Keine / *None*

**9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits**

Die Vergabe der Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.

*The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*

**10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade**

Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).

*The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).*

**11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses**

**12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator**

Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts / *Academic staff of the institute*

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**