

# UNIVERSITÄT PADERBORN

---

FAKULTÄT FÜR ELEKTROTECHNIK, INFORMATIK UND MATHEMATIK  
INSTITUT FÜR ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

MODULHANDBUCH FÜR DEN  
MASTERSTUDIENGANG ELEKTROTECHNIK v4/v4b (EMA  
v4/v4b)

STAND: 6. MÄRZ 2024

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Präambel und Hinweise</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Module im Masterstudiengang</b>	<b>4</b>
2.1	Vorbemerkungen und Modultabelle . . . . .	4
2.2	Gebiet Theoretische Elektrotechnik . . . . .	5
2.2.1	Theoretische Elektrotechnik . . . . .	5
2.3	Gebiet Statistische Signale . . . . .	10
2.3.1	Statistische Signale . . . . .	10
2.4	Kataloge der Wahlpflichtmodule . . . . .	19
2.4.1	Energie und Umwelt . . . . .	19
2.4.2	Kognitive Systeme . . . . .	71
2.4.3	Kommunikationstechnik . . . . .	118
2.4.4	Mikroelektronik . . . . .	164
2.4.5	Optoelektronik . . . . .	207
2.4.6	Prozessdynamik . . . . .	229
<b>3</b>	<b>Projektarbeit</b>	<b>266</b>
3.1	Halbjahresprojekt . . . . .	266
3.2	Jahresprojekt . . . . .	269
<b>4</b>	<b>Studium Generale</b>	<b>272</b>
<b>5</b>	<b>Masterarbeit</b>	<b>275</b>
5.1	Masterarbeit . . . . .	275
<b>6</b>	<b>Übersicht des Modulangebotes im Wintersemester</b>	<b>278</b>
<b>7</b>	<b>Übersicht des Modulangebotes im Sommersemester</b>	<b>279</b>
<b>8</b>	<b>Übersicht der Modulangebote in englischer Sprache</b>	<b>280</b>

# 1 Präambel und Hinweise

Aus technischen Gründen wurde die Präambel des Modulhandbuches ausgelagert. Sie ist unter Prüfungsordnungen und Modulhandbücher unter dem Punkt "Modulhandbücher" auf den Seiten des Instituts EIM-E zu finden. Wir bitten um Beachtung dieser Präambel.

Bei Fragen zu dieser Präambel wenden Sie sich bitte entweder

- an die Studienberatung Elektrotechnik oder
- die PAUL-Studierendenbetreuung Elektrotechnik.

Bitte beachten Sie auch, dass

1. in diesem Modulhandbuch alle laut Prüfungsordnung vorgesehenen Module aufgelistet werden, auch wenn Sie in dem entsprechenden Semester nicht angeboten werden.
2. dieses Modulhandbuch den Datenbestand des Erzeugungsdatum beinhaltet. Alle Angaben sind ohne Gewähr.

# 2 Module im Masterstudiengang

## 2.1 Vorbemerkungen und Modultabelle

### 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.

Damit ergibt sich für das gesamte Masterstudium ein Umfang von 120 Leistungspunkten.

### Modultabelle

Gebiet	Module	ECTS
Theoretische Elektrotechnik	Theoretische Elektrotechnik	6
Statistische Signale	Verarbeitung statistischer Signale oder Statistical Signal Processing	6

## 2 Module im Masterstudiengang

Gebiet	Module	ECTS
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
	Gesamt	120

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.

## 2.2 Gebiet Theoretische Elektrotechnik

### 2.2.1 Theoretische Elektrotechnik

2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue	Theoretische Elektrotechnik / Theoretical Electrical Engineering
Module / Modules	Theoretische Elektrotechnik / Theoretical Electrical Engineering
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Förstner, Jens, 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						
Theoretical Electrical Engineering						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.21003	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1. Semester	1	de			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.21003 Theoretische Elektrotechnik	2V 2Ü, WS	60	120	P	50/25

2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.21003 Theoretical Electrical Engineering	2L 2Ex, WS	60	120	C	50/25
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Theoretische Elektrotechnik:</i> <b>Empfohlen:</b> Kenntnisse über elektromagnetische Wellenausbreitung im Freiraum und Hohlwellenleitern, z.B. erworben in der Vorlesung "Elektromagnetische Wellen". None <i>Prerequisites of course Theoretische Elektrotechnik:</i> <b>Recommended:</b> Knowledge of electromagnetic wave propagation in free space and waveguides, e.g. acquired in the lecture "Electromagnetic Waves".					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Theoretische Elektrotechnik:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> 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. <b>Inhalt</b> Die Vorlesung Theoretische Elektrotechnik gliedert sich wie folgt <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 und deren Anwendung</li> <li>• Grundlagen der Antennentheorie</li> </ul>					

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Theoretische Elektrotechnik:</i></p> <p><b>Short description</b></p> <p>Theoretical electrical engineering describes the basis of all electrical engineering processes and provides a physical background for all types of energy transfer and conversion in electrical engineering systems, as well as information transfer by guided waves and free space waves. Building on fundamental knowledge from the bachelor's program, this course provides an understanding of the physical analysis of such systems.</p> <p><b>**Content</b></p> <p>Theoretical Electrical Engineering lecture is organized as follows.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Repetition of the basics of wave propagation.</li><li>• losses in waveguides</li><li>• optical waveguides</li><li>• planar waveguides</li><li>• cavities and their application</li><li>• basics of antenna theory</li></ul>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</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:</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></ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> After attending the course, students will be able to,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• formulate electromagnetic field problems mathematically (modeling, analyzing),</li> <li>• identify and apply a suitable analytical solution method (apply, synthesize),</li> <li>• illustrate the obtained results and evaluate them physically (Evaluate),</li> <li>• Develop theoretical models and validate their validity (Synthesize, Evaluate).</li> </ul> <p><b>Cross-disciplinary competencies:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn to apply the acquired knowledge and skills across disciplines,</li> <li>• expand their cooperation and teamwork skills as well as presentation skills when working on exercises,</li> <li>• learn strategies for acquiring knowledge by studying literature and using the Internet.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 846 1422 994"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur</td> <td>120-180 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1061 1422 1205"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written Examination</td> <td>120-180 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur	120-180 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written Examination	120-180 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur	120-180 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written Examination	120-180 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>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).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Jens Förstner</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Theoretische Elektrotechnik:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/tet/">https://ei.uni-paderborn.de/tet/</a>  <b>Methodische Umsetzung</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</b> Vorlesungsfolien und -mitschriften, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.  <i>Remarks of course Theoretische Elektrotechnik:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/tet/">https://ei.uni-paderborn.de/tet/</a>  <b>Methodological Implementation.</b>          The theoretical concepts are presented in the form of a lecture, which also contains a large proportion of field visualizations. In the exercises, the theory is deepened by means of simple questions and calculation examples, which are solved independently during the attendance exercises.  <b>Learning materials, references</b> Lecture slides and transcripts, further literature recommendations will be announced in the lecture.</p>

## 2.3 Gebiet Statistische Signale

### 2.3.1 Statistische Signale

---

Katalogname / Name of catalogue	Statistische Signale / Statistical Signals
Module / Modules	Statistische Signale / Statistical Signals
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Hüb-Umbach, Reinhold, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6

---

## 2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue      Statistische Signale / Statistical Signals

Lernziele / Learning objectives

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.

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.

Statistische Signale						
Statistical Signals						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.210XX	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1	1	de / en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.21004 Verarbeitung statistischer Si- gnale	2V 2Ü, WS	60	120	P	60/30
b)	L.048.24014 Statistical Signal Processing	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.21004 Statistical Signal Processing	2L 2Ex, WS	60	120	C	60/30
b)	L.048.24014 Statistical Signal Processing	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

2 **Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:**  
1 aus 2 bzw. Lehrveranstaltung a) oder b)  
1 of 2 resp. Course a) or b)

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:**  
Keine  
*Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale:*  
**Empfohlen:** Grundkenntnisse in statistischer Signalbeschreibung, wie sie in einem Bachelorstudium Elektrotechnik oder verwandter Disziplinen gelernt werden.  
*Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:*  
**Empfohlen:** Grundvorlesungen der Signaltheorie und Wahrscheinlichkeitsrechnung  
None  
*Prerequisites of course Verarbeitung statistischer Signale:*  
**Recommended:** Basic knowledge of statistical signal description as learned in a bachelor's degree program in electrical engineering or related disciplines.  
*Prerequisites of course Statistical Signal Processing:*  
**Recommended:** Undergraduate courses in signal processing and probability

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale:*

**Kurzbeschreibung**

Mit der Veranstaltung Verarbeitung statistischer Signale erlangen die Studierenden ein Verständnis für die Bedeutung der beschreibenden und schließenden Statistik für viele Bereiche der Elektro-technik. 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.

**Inhalt**

- Zufallsexperiment, axiomatischer Begriff der Wahrscheinlichkeit
- Begriff der Zufallsvariablen, Verteilungsfunktion, wichtige Verteilungen diskreter und kontinuierlicher Zufallsvariablen, Zufallsvariablentransformation
- Maximum-Likelihood Parameterschätzung, lineare Schätzer, Bewertung der Qualität von Schätzern, Cramer-Rao Schranke
- Bayes'sche Schätzverfahren, (L)MMSE-Schätzung, Spezialfall Gaußverteilung
- Stochastische Prozesse, Stationarität, Ergodizität, Korrelationsfunktion und Leistungsdichtespektrum, weißes Rauschen, Markovketten
- Optimalfilter nach Wiener, autoregressive Prozesse
- Maximum-a-Posteriori und Neyman-Pearson Entscheidungsregel, Receiver Operating Characteristic, statistische Hypothesentests

*Inhalte der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:*

**Kurzbeschreibung**

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.

**Inhalt**

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.

*Contents of the course Verarbeitung statistischer Signale:*

**Short description**

With the course Processing of Statistical Signals, students gain an understanding of the importance of descriptive and inferential statistics for many areas of electrical engineering. They consolidate their basic knowledge of probability calculus and statistics and gain an insight into estimation and detection theory, as well as statistical time series analysis. In addition, procedures are presented with the help of which estimated values obtained from data can be evaluated with regard to statistical significance. Knowledge of detection and estimation theory, as well as time series analysis, and critical evaluation of experimental results are essential for understanding and critically applying modern signal processing techniques.

**Contents**

- Random experiment, axiomatic notion of probability.
- Concept of random variables, distribution function, important distributions of discrete and continuous random variables, random variable transformation.
- Maximum likelihood parameter estimation, linear estimators, quality assessment of estimators, Cramer-Rao bound.
- Bayesian estimation, (L)MMSE estimation, special case Gaussian distribution
- Stochastic processes, stationarity, ergodicity, correlation function and power density spectrum, white noise, Markov chains
- Optimal filter according to Wiener, autoregressive processes
- Maximum-a-Posteriori and Neyman-Pearson decision rule, receiver operating characteristic, statistical hypothesis tests

*Contents of the course Statistical Signal Processing:*

**Short Description**

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.

**Contents**

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:**

Die Studierenden sind nach dem Besuch des Moduls 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

Nach dem Besuch dieses Moduls 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.

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

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

## 2 Module im Masterstudiengang

	<b>Domain competence:</b>	<p>After attending the module, students will be able to,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe random variables or signals with methods of statistical signal processing</li> <li>• independently perform calculations regarding reliability, hit frequency, etc.</li> <li>• Design and apply estimation methods for simple parameter estimation problems.</li> <li>• Construct statistical hypothesis tests and apply them to concrete problems</li> <li>• Define the boundary conditions for experimental investigations in such a way that the results lead to reliable conclusions</li> <li>• Compare newly obtained experimental data with existing models</li> <li>• To apply a correlation or spectral analysis to time series</li> <li>• To design optimal filters for given problems.</li> </ul> <p>After attending this module, students will be familiar with the basic principles of statistical signal processing. They will understand how to use statistical signal processing techniques in electrical engineering and they will be able to apply them to relevant areas (such as in communications engineering). Students will develop the confidence to solve mathematical problems in analysis and design. The principles learned in this course can be applied to other fields.</p> <p><b>Key qualifications:</b> Students will</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Are able to apply the methods of describing quantities and signals as random variables or random processes to a wide variety of problems in the field of electrical engineering and information technology.</li> <li>• Are able to assess the power, but also the limitations of statistical methods in various applications.</li> <li>• Are able to critically evaluate results of experimental investigations from various fields of application and to design experiments in such a way that their results allow reliable conclusions to be drawn.</li> <li>• Are able to evaluate measurement results using modern program systems</li> <li>• Are able to analyze extensive tasks in a group, break them down into subtasks and work on them in a solution-oriented manner.</li> </ul>																		
6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>	<p> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP) </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;">a) - b)</td> <td style="vertical-align: top;">Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td style="vertical-align: top;">120-180 min oder 30-45 min</td> <td style="vertical-align: top;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP) </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;">a) - b)</td> <td style="vertical-align: top;">Written or Oral Examination</td> <td style="vertical-align: top;">120-180 min or 30-45 min</td> <td style="vertical-align: top;">100%</td> </tr> </tbody> </table>			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a) - b)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a) - b)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote																	
a) - b)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%																	
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade																	
a) - b)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%																	
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>	keine																		

## 2 Module im Masterstudiengang

	none
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach</p>

13

**Sonstige Hinweise / Other Notes:**

*Hinweise der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale:*

**Lehrveranstaltungsseite**

<https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/verarbeitung-statistischer-signale>

**Methodische Umsetzung**

- Vorlesungen mit überwiegenderm Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig ein experimentelles Setup entwickeln und implementieren, sowie statistische Analysemethoden auf die gewonnenen Ergebnisse anwenden

**Lernmaterialien, Literaturangaben**

Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Bereitstellung der Übungsaufgaben samt Musterlösungen und Beispielimplementierungen in Matlab

Weitere Literatur:

- N. Henze, Stochastik für Einsteiger, 8. Auflage, Vieweg-Teubner Verlag, 2010
- E. Hänsler, Statistische Signale — Grundlagen und Anwendungen, 3. Auflagen, Springer, 2001
- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing — Estimation Theory, Prentice Hall, 1993
- J. L. Melsa, D. L. Cohn, Decision and Estimation Theory, McGraw-Hill, Kogakusha, 1987.
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 2. Ausgabe, McGraw-Hill, New York, 1984.

*Hinweise der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:*

**Lehrveranstaltungsseite**

<http://sst.upb.de/teaching>

**Methodische Umsetzung**

Vorlesung und Übung

**Lernmaterialien, Literaturangaben**

Literature references are given in the first lecture.

*Remarks of course Verarbeitung statistischer Signale:*

**Course Homepage**

[<https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/statistical-signal-processing>](<https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/statistical-signal-processing>)

**Methodical implementation**

- lectures with predominant use of blackboard, occasionally slide presentation
- Classroom exercises with exercise sheets and demonstrations on the computer
- Practical exercises with Matlab, in which students independently develop and implement an experimental setup, and apply statistical analysis methods to the obtained results

**Learning materials, references.**

Provision of a detailed script and keyword summary slides for each lecture. Provision of exercise problems including sample solutions and example implementations in Matlab.

Further literature:

- N. Henze, Stochastik für Einsteiger, 8th edition, Vieweg-Teubner Verlag, 2010.
- E. Hänsler, Statistical Signals — Fundamentals and Applications, 3rd edition, Springer, 2001
- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing — Estimation Theory, Prentice Hall, 1993
- J. L. Melsa, D. L. Cohn, Decision and Estimation Theory, McGraw-Hill, Kogakusha, 1987.
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 1984.

*Remarks of course Statistical Signal Processing:*

**Course Homepage**

<http://sst.upb.de/teaching>

**Implementation**

Lectures and tutorials

**Teaching Material, Literature**

Literature references are given in the first lecture.

## 2.4 Kataloge der Wahlpflichtmodule

### 2.4.1 Energie und Umwelt

Katalogname / Name of catalogue	Energie und Umwelt / Energy and Environment
Module / Modules	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge / Drives for Environmentally Compatible Vehicles</li> <li>* Bauelemente der Leistungselektronik / Power Electronic Devices</li> <li>* Energiesystemtechnik / Energy Systems Technologies</li> <li>* Energy Transition / Energy Transition</li> </ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue	Energie und Umwelt / Energy and Environment
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Intelligent control of electricity grids / Intelligent Control of Electricity Grids</li> <li>* Leistungselektronik / Power Electronics</li> <li>* Leistungselektronik für die Energiewende / Power Electronics for the Energy Transition</li> <li>* Leistungselektronische Stromversorgungen / Switched Mode Power Supplies</li> <li>* Mensch-Haus-Umwelt / Men-House-Environment</li> <li>* Messstochastik / Statistics in measurement</li> <li>* Modellierung von Energiesystemen / Modelling of Energy Systems</li> <li>* Solar Electric Energy Systems / Solar Electric Energy Systems</li> <li>* Umweltmesstechnik / Environmental monitoring and measuring technologies</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Krauter, Stefan, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	<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>

<b>Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge</b>
---

Drives for Environmentally Compatible Vehicles
--

2 Module im Masterstudiengang

<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.22001	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.22001 Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge	2V 2Ü, WS	60	120	P	45/45
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.22001 Drives for Environmentally Compatible Vehicles	2L 2Ex, WS	60	120	C	45/45
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge:</i> None					

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>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.</p> <p><b>Inhalt</b> <i>Elementare Fahrdynamik (Kräfte, Bewegungsgleichungen, Kraftschluss)</i> Energiespeicher (Treibstoffe, Schwungräder, Batterien, Superkondensatoren) <i>Elektromotoren und Umrichter (Asynchronmotor, Permanent-Magnet-Motor)</i> Verbrennungsmotoren (Drehmoment-Drehzahl-Verhalten, Wirkungsgrade, Kennfelder) <i>Brennstoffzelle (Wirkungsweise, Betriebseigenschaften)</i> Strukturen elektrischer und hybrider Antriebe (Elektroantriebe, dieselelektrische Antriebe, Serien-Parallel-, Split-Hybrid, Brennstoffzellenfahrzeug) <i>Systemverhalten und Betriebsstrategien</i> Beispiele von Straßen- und Schienenfahrzeugen</p> <p><i>Contents of the course Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>The subject of the course are innovative drive systems for road and rail vehicles (electric vehicles, fuel cell vehicles, hybrid vehicles). The focus here is on the vehicle's traction drive with the system-technical interaction of the components involved. The essential characteristics of the drive components involved are considered. However, this is done from the point of view of the interaction of the components at the system level. The deepening of the technological details is reserved for the corresponding special courses. The aim of this course is to give the participants a basic understanding of the most important power train elements involved, but above all an understanding of the system, so that they are able to evaluate new drive systems and to quantify them according to energy consumption, efficiency, realisation effort, etc. to be able to design and dimension such a system.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementary driving dynamics (forces, equations of motion, traction)</li> <li>• Energy storage (fuels, flywheels, batteries, supercapacitors)</li> <li>• Electric motors and converters (asynchronous motor, permanent magnet motor)</li> <li>• Combustion engines (torque-speed behavior, efficiency, characteristic diagrams)</li> <li>• Fuel cell (mode of operation, operating characteristics)</li> <li>• Structures of electric and hybrid drives (electric drives, diesel-electric drives, series, parallel, split hybrids, fuel cell vehicles)</li> <li>• System behavior and operating strategies</li> <li>• Examples of road and rail vehicles</li> </ul>
---	---

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachliche Kompetenzen</b> Die Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die wichtigsten Strukturelemente elektrischer und hybrider Antriebssysteme</li> <li>• kennen die Grundstrukturen elektrischer und hybrider Antriebssysteme</li> <li>• können verschiedene Antriebsstrukturen bewerten und vergleichen</li> <li>• können quantitative Analysen und Bewertungen durchzuführen</li> <li>• können Systeme und Komponenten nach vorgegebenen Spezifikationen auslegen</li> <li>• verstehen die Gesamtzusammenhänge der Energieversorgungsketten</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen</b> Die Studenten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen, technische Details aus einer Gesamtsystemsicht zu betrachten und zu relativieren</li> <li>• lernen, technische Problemstellungen in einen gesellschaftlichen Gesamtzusammenhang einzuordnen</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> </ul> <p><b>Domain competence:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• know the most important structural elements of electric and hybrid drive systems</li> <li>• know the basic structures of electric and hybrid drive systems</li> <li>• can evaluate and compare different drive structures</li> <li>• can perform quantitative analyses and assessments</li> <li>• can design systems and components according to given specifications</li> <li>• understand the overall context of the energy supply chains</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn to consider technical details from an overall system perspective and to isolate them</li> <li>• learn to classify technical problems in an overall social context</li> <li>• expand their cooperation and team skills as well as presentation skills when working on exercises</li> <li>• learn strategies for acquiring knowledge by studying literature and using the internet</li> </ul>								
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1648 1422 1856"> <thead> <tr> <th data-bbox="277 1648 363 1742">zu</th> <th data-bbox="363 1648 975 1742">Prüfungsform</th> <th data-bbox="975 1648 1198 1742">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1198 1648 1422 1742">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="277 1742 363 1856">a)</td> <td data-bbox="363 1742 975 1856">Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td data-bbox="975 1742 1198 1856">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td data-bbox="1198 1742 1422 1856">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%						

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker		

## 2 Module im Masterstudiengang

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b>  <a href="http://www1ea.upb.de">http://www1ea.upb.de</a></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge:</i></p> <p><b>ACHTUNG</b>  Für diese Lehrveranstaltung gibt es eine Teilnehmerbeschränkung!</p> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://www1ea.upb.de">http://www1ea.upb.de</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b>  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.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>  Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <p><i>Remarks of course Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge:</i></p> <p><b>ATTENTION</b>  There is a limitation of participants for this course!</p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://www1ea.upb.de">http://www1ea.upb.de</a></p> <p><b>Implementation</b>  The concepts are presented in the form of a lecture, which both conveys the theoretical concepts and always shows application examples. In the exercises, the material is deepened by means of simple questions and calculation examples, which are solved independently during the attendance exercises. A part of the exercises takes place as computer exercises in the computer room. The students prepare presentations on individual topics and present them to the group.</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>  Lecture slides and script, additional recommended reading will be announced in lecture.</p>
----	---

Baelemente der Leistungselektronik			
Power Electronic Devices			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.22003	180	6	Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	de / en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.22003 Bauelemente der Leistungselektronik	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.22003 Power Electronic Devices		60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Bauelemente der Leistungselektronik:</i> <b>Empfohlen:</b> Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert. None <i>Prerequisites of course Bauelemente der Leistungselektronik:</i> <b>Recommended:</b> Knowledge from lecture Power Electronics is desirable.						
4	<b>Inhalte / Contents:</b>						
	<i>Inhalte der Lehrveranstaltung Bauelemente der Leistungselektronik:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Die Vorlesung behandelt Leistungshalbleiterbauelemente, ihre Beschaltung und Ansteuerung sowie Kühlung. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Auslegung magnetischer Bauteile und schnelle Strommessverfahren. <b>Inhalt</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> </ul>						

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Bauelemente der Leistungselektronik:</i></p> <p><b>Short Description</b> The course covers power electronic devices, snubber circuits, driving and cooling. Another topic is the design of magnetic components and fast current sensors.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• power electronic devices: Diodes, BJT, GTO, MOSFET, IGBT</li><li>• snubbers, driving and protection of semiconductor switches; cooling systems</li><li>• magnetic materials, test circuit for core losses, winding patterns</li><li>• concept of integrated magnetics</li><li>• electromechanical design and modelling of uncoupled, linear coupled, nonlinear coils and SMPS transformers</li><li>• capacitors</li><li>• filters</li><li>• dynamic current sensing</li></ul>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachliche Kompetenzen</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• geeignete Leistungshalbleiterbauelemente, Magnetkernwerkstoffe und Kernbauformen gemäß Anforderungen auszuwählen</li><li>• Beschaltungen, Strommessverfahren und Ansteuerungen für Leistungshalbleiterbauelemente auszuwählen und zu dimensionieren</li><li>• magnetische Bauteile und Leistungsfilter zu entwerfen</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• erlernen die Beschreibung realer Bauteile mit Ersatzschaltbildern</li><li>• erweitern ihre Kenntnisse zur rechnergestützten Schaltungsauslegung</li><li>• können die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen</li></ul> <p><b>Professional Competence</b> After attending the course, the students will be able</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• to choose suitable power semiconductors, magnetic materials and core forms</li><li>• to select and dimension snubber circuits, current sensors and drivers for power semiconductors</li><li>• to design magnetic components and power filters</li></ul> <p><b>(Soft) Skills</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• learn to describe real components with an equivalent circuit</li><li>• improve their skills in computer aided circuit design</li><li>• extend their competence by self study</li></ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)		
zu	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>Gewichtung für die Modulnote</b>
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Dr.-Ing. Frank Schafmeister		

2 Module im Masterstudiengang

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Bauelemente der Leistungselektronik:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung</b>  <i>Vorlesung Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum)</i>  <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>            Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben</p> <p><i>Remarks of course Bauelemente der Leistungselektronik:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a>  <b>Implementation</b>  <i>lecture exercise</i>  <b>Teaching Material, Literature</b>            Lecture slides and notes, further literature will be announced in lecture.</p>
----	--

Energiesystemtechnik						
Energy System Technologies						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.22018	180	6	Sommersemester summer term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.22018 Energiesystemtechnik	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.22018 Energy System Technologies	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

## 2 Module im Masterstudiengang

2	<p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b></p> <p>Keine None</p>
3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Energiesystemtechnik:</i> Keine</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Energiesystemtechnik:</i> None</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Energiesystemtechnik:</i> Energiesystemtechnik beinhaltet die ganzheitliche Betrachtung von thermischen, elektrischen und chemischen Energiesystemen, bestehend aus der Bereitstellung von Nutzenergie, Energieverteilung und dem Energiebedarf. In dieser Veranstaltung werden die Grundlagen von Energiesystemen vermittelt. Dazu werden aufbauend auf den Beschreibungen der wesentlichen Einzelkomponenten insbesondere ihr Zusammenwirken in Hinblick auf die Deckung des Energiebedarfs analysiert. Dementsprechend werden Aspekte der Sektorenkopplung ebenso wie Speichertechnologien als Bestandteile von Energiesystemen eingeführt. Zusätzlich zur technischen Beschreibung und Auslegung von Energiesystemen werden auch ökologischen und ökonomischen Aspekte zur ganzheitlichen Bewertung von Energiesystemen vorgestellt.</p> <p><i>Contents of the course Energiesystemtechnik:</i> The field of energy system technologies includes the holistic consideration of thermal, electrical and chemical energy systems, consisting of the provision of useful energy, energy distribution and energy demand. In this course the basics of energy systems are taught. Based on the descriptions of the essential individual components, the interaction of these components is analyzed with regard to the coverage of the energy demand. Accordingly, aspects of sector coupling as well as storage technologies are introduced as components of energy systems. In addition to the technical description and design of energy systems, ecological and economic aspects for the holistic evaluation of energy systems are presented.</p>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>Die Studierenden können Energiesysteme ganzheitlich beurteilen, insbesondere können sie Energiesysteme in Hinblick auf den Energiebedarf analysieren und konzipieren. Sie kennen die einzelnen Komponenten und können diese sowohl technisch gestalten als auch die Wechselwirkungen im Kontext des Gesamtsystems sowie in sinnvollen Teilsystemen bewerten. Die Studierenden können Energiesysteme anhand energetischer, ökologischer und ökonomischer Indikatoren quantifizieren. Sie kennen Aspekte der erneuerbaren Energien, der Energiespeicherung und der Sektorkopplung und können diese auf Fragen nachhaltiger Energiesysteme anwenden.</p> <p>Students can assess energy systems holistically, in particular they can analyze and design energy systems in terms of energy demand. They know the individual components and are able to design them both technically and to evaluate the interactions in the context of the overall system as well as in meaningful subsystems. Students are able to quantify energy systems using energy, ecological and economic indicators. They know aspects of renewable energies, energy storage and sector coupling and can apply these to questions of sustainable energy systems.</p>

## 2 Module im Masterstudiengang

6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)			
zu	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>Gewichtung für die Modulnote</b>	
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	
<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)				
zu	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>	
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%	
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none			
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None			
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.			
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5			
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr. Henning Meschede			
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> keine			

2 Module im Masterstudiengang

none
------

Energy Transition						
Energy Transition						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.22014	180	6		Wintersemester winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.22014 Energy Transition	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.22014 Energy Transition	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Energy Transition:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Energy Transition:</i> None					

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Energy Transition:*

**Kurzbeschreibung**

Mit der Importabhängigkeit bzw. dem langfristigen Versiegen fossiler Energieträger wie Kohle, Öl & Erdgas, der zunehmenden Klimakrise, und dem Auslaufen der Atomprogramme in vielen Ländern, stellt die Notwendigkeit eine Energiestruktur basierend auf erneuerbaren Energien mit fluktuierender Abgabeleistung aufzubauen, ein große Herausforderung für das Ingenieurwesen dar. Diese Vorlesung nimmt sich dieser Herausforderung an und erklärt Funktionsweise und Performanceparameter aller Arten erneuerbarer Energiewandler, ihre Verfügbarkeit, ihr 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 von Energie bzw. Endprodukt sowie Energiemanagement, insbesondere Demand-Side-Management (DSM), P2X.

**Inhalt**

1. Bestehende Energiestruktur: Geschichte, Entwicklung
2. Komponenten & Systeme: Erzeugung, Transport, Verbrauch
3. Merkmale variabler erneuerbarer Energien: Solarenergienutzung
4. Merkmale erneuerbarer Energien: Wasserkraft, Windkraft
5. Merkmale erneuerbarer Energien mit konstanter Verfügbarkeit: Biomasse, Geothermie
6. Individuelle und kombinierte Verfügbarkeit und Performance
7. Energiemanagement, Smart-Grid, Einbezug von Verkehr und Lastanpassung.
8. Speicherung: Typen, Leistung, Lebensdauer, Kosten, P2X
9. Neue Konzepte zur Kostenminimierung: DSM, dezentrale, autonome, semi-autonome Systeme, Schwarmkonzepte
10. Geographische Unterschiede: Lokale Ressourcen, Potentiale, Laststrukturen
11. Legislative Fragen: Zugangsbedingungen zum Netz, Spot-Markthandel für Strom
12. Ausflug zu praktischem Projektbeispiel

*Contents of the course Energy Transition:*

**Short Description**

With dependency and the long-term depletion of fossil energy resources such as coal, oil, gas, the increasing climate crises, 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, in particular Demand-Side-Management, P2X.

**Contents**

1. Existing energy structures: History, development
2. Present components & systems: generation, transport, consumption
3. Characteristics of variable renewable energy sources: solar thermal, photovoltaics, wind power
4. Characteristics of renewable energy sources: hydro & wind power
5. Characteristics of steady renewable energy sources: biomass, geothermal energy
6. Individual and combined availability and performance
7. Energy management, transport (smart grid) and storage necessities
8. Storage devices and concepts: types, performance, costs
9. New concepts to minimize costs: decentralized, autonomous and semi-autonomous systems, swarm concepts, demand side management, (DSM), power to gas & heat (P2X)
10. Geographical differences: Local resources, potentials, load structures
11. Legislative issues: access to grid & electricity spot-market
12. Excursion to practical project examples

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

**Fachkompetenz:**

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.

**Fachübergreifende Kompetenzen:** 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.

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> 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.</p> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are enabled to apply the knowledge and skills across disciplines</li> <li>• are enabled to use method-oriented approaches for the implementation of sustainable energy supply</li> <li>• are enabled to educate themselves in the future</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur</td> <td>120-180 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written Examination</td> <td>120-180 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur	120-180 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written Examination	120-180 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur	120-180 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written Examination	120-180 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>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).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Stefan Krauter</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Energy Transition:</i></p> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://panda.uni-paderborn.de/course/view.php?id=40584">https://panda.uni-paderborn.de/course/view.php?id=40584</a>  <a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b>          Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen &amp; Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Sämtliche Präsentationen und Übungen sowie zusätzliches Material befinden sich in PANDA.  <a href="https://panda.uni-paderborn.de/course/view.php?id=40584">https://panda.uni-paderborn.de/course/view.php?id=40584</a>          Playlist für die Videos der Vorlesung: <a href="https://youtube.com/playlist?list=PLpgi7D_IhqlrD37mBky0fSoKb9hvfutE9">https://youtube.com/playlist?list=PLpgi7D_IhqlrD37mBky0fSoKb9hvfutE9</a>  <i>Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.</i> Michel Crappe: Electric Power Systems. John Wiley &amp; Sons, 2008.  <i>Magdi S. Mahmoud: Decentralized Systems with Design Constraints. Springer: Berlin Heidelberg, New York, 2011.</i> Hermann Scheer, The Energy Imperative, 100 Percent Renewable Now. Routledge, 2011. <i>Hermann Scheer: Energy Autonomy. Earthscan/James &amp; James, 2006.</i> Geert Verbong, Derk Lorbach: Governing the Energy Transition - Reality, Illusion or Necessity?, Routledge, 2012 <i>Fraunhofer ISE: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland <a href="https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html">https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html</a></i> Solar Power Europe, PV Outlook 2022-26: <a href="https://www.solarpowereurope.org/insights/market-outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-2022">https://www.solarpowereurope.org/insights/market-outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-2022</a> *Journals: Renewable Energy, Elsevier; IEEE Transactions on Power Systems</p> <p><b>Bemerkungen</b>          Exkursion zu einem praktischen Projekt (z.B. Pumpspeicherkraftwerk)</p>

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Energy Transition:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="https://panda.uni-paderborn.de/course/view.php?id=40584">https://panda.uni-paderborn.de/course/view.php?id=40584</a>  <a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a></p> <p><b>Implementation</b>  Lecture combined with practical examples &amp; simulations; Excursion to see applications in practice.</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>  All presentations and exercises plus additional resources are available on PANDA  Playlist for the videos of the lecture: <a href="https://youtube.com/playlist?list=PLpgi7D_IhqIrD37mBky0fSoKb9hvfutE9">https://youtube.com/playlist?list=PLpgi7D_IhqIrD37mBky0fSoKb9hvfutE9</a></p> <p>Literature  <i>Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009. Michel Crappe: Electric Power Systems. John Wiley &amp; 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 &amp; James, 2006. Geert Verbong, Derk Loozbach: Governing the Energy Transition - Reality, Illusion or Necessity?, Routledge, 2012 Fraunhofer ISE: Actual Facts for PV <a href="https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html">https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html</a> Solar Power Europe, PV Outlook 2022-26: <a href="https://www.solarpowereurope.org/insights/market-outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-2022">https://www.solarpowereurope.org/insights/market-outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-2022</a> * Journals: Renewable Energy, Elsevier; IEEE Transactions on Power Systems</i></p> <p><b>Comments</b>  Excursion to a practical project (e.g., pumped hydro storage (PHS))</p>
---

<b>Intelligent Control of Electricity Grids</b>						
Intelligent Control of Electricity Grids						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.22002	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.22002 Intelligent Control of Electricity Grids	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

## 2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.22002 Intelligent Control of Electricity Grids	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Intelligent Control of Electricity Grids:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Intelligent Control of Electricity Grids:</i> None					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Intelligent Control of Electricity Grids:</i> Dynamische Eigenschaften wichtiger Energiewandler auch und gerade im Zusammenspiel mit dem Netz Klassische Regelungen von Insel- und Verbundnetzen sowie Zukünftige Anforderungsprofile an eine automatisierte Netzführung mit dezentralen Einspeisern Optimale wirtschaftliche Lastverteilung Beschreibungen der Netze für den Einsatz in automatisierten Netzleitzentren Schätzung der Systemzustände mit Hilfe linearer und nichtlinearer Methoden (State Estimation) Schätzung der Systemzustände beruht auf Messungen: Möglichkeiten grob falsche Messfehler zu erkennen und zu beseitigen *besonderen Fragestellungen im Umfeld der Thematik  <i>Contents of the course Intelligent Control of Electricity Grids:</i> Dynamic properties of important energy converters also and especially in interaction with the grid. Classical control of island and interconnected grids as well as Future requirement profiles for automated grid control with decentralized feeders. Optimal economic load distribution Descriptions of networks for use in automated network control centers. Estimation of system states using linear and nonlinear methods (State Estimation). Estimation of system states based on measurements: Possibilities to detect and eliminate grossly incorrect measurement errors. *special questions in the environment of the topic					
5	<b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b> <b>Fachkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In diesem Modul 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> <li>• Tagesaktuelle Ereignisse in und um die "Automatisierung elektrischer Netze" werden selbstverständlich zur Einschätzung der Lehrinhalte diskutiert.</li> </ul>					

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Specialized competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>In this module, students learn about the problems of today's and the objectives and requirements of future automated power supply systems. For this purpose, special, representative questions are used as examples, with which important problems of future grids can also be discussed.</li> <li>Current events in and around the "automation of electrical grids" will be discussed as a matter of course in order to assess the course content.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>																

2 Module im Masterstudiengang

11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Fette, Michael, Dr. –Ing. habil.</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p>keine none</p>

Leistungselektronik						
Power Electronics						
Modulnummer / Module number:	Workload (h):	Leistungspunkte / Credits:		Turnus / Regular Cycle:		
M.048.22006	180	6		Wintersemester winter term		
	Studiensemester / Semester number:	Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):	Sprache / Teaching Language:			
	1.-3. Semester	1	de / en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	Lehrveranstaltung	Lehr- form	Kontakt- zeit (h)	Selbst- studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen- größe (TN)
a)	L.048.22006 Leistungselektronik	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	Course	form of teachin	contact- time (h)	self- study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.22006 Power Electronics	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine					

## 2 Module im Masterstudiengang

	None
3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Leistungselektronik:</i></p> <p>Keine</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Leistungselektronik:</i></p> <p>None</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Leistungselektronik:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Die Aufgabe der Leistungselektronik ist die Umformung zwischen verschiedenen elektrischen Energieformen mit Hilfe elektronischer Schaltungen. Die Vorlesung führt in die Prinzipien der modernen Leistungselektronik und ihrer Aufgabenstellungen ein. Die wesentlichen Grundschaltungen werden erörtert und analysiert und typische Anwendungen aus Industrie, Energiewirtschaft und Verkehrstechnik erläutert.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idealisierung leistungselektronischer Schaltungen als schaltende Netzwerke</li> <li>• Grundschaltungen selbstgeführter Stromrichter: Tiefsetzsteller, Hochsetzsteller</li> <li>• Grundschaltungen fremdgeführter Stromrichter</li> <li>• Kommutierung, Entlastungsschaltungen</li> <li>• Mittelwertmodellierung</li> <li>• Pulsweitenmodulation, Strom- und Spannungsschwankungen, Oberschwingungen</li> <li>• Thermische Modellierung und Auslegung</li> <li>• Beispielanwendungen aus den Bereichen Bahn, Straßenfahrzeuge, Industrie und Energieerzeugung und -verteilung</li> </ul> <p><i>Contents of the course Leistungselektronik:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>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.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modeling power electronic circuits as idealized switching networks</li> <li>• Basic circuits of self-commutated converters: Buck and boost converters</li> <li>• Basic circuits of line- and load-commutated converters</li> <li>• Commutation, snubber circuits</li> <li>• State-Space averaging</li> <li>• Pulse width modulation, current and voltage ripples, harmonics</li> <li>• Application examples from railway, automotive, industry, and energy generation and distribution</li> </ul>

2 Module im Masterstudiengang

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis moderner Prinzipien elektrischer Energieumformung</li> <li>• Kompetenz zur Beurteilung, Auswahl und Auslegung leistungselektronischer Schaltungen</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studenten</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>Domain competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understanding the modern principles of electrical energy conversion</li> <li>• Competence to evaluate, select and design power electronic circuits</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn to transfer the learned skills also to other disciplines,</li> <li>• extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the context of solving the exercises,</li> <li>• learn strategies to acquire knowledge from literature and internet.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1267 1422 1476"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1543 1422 1751"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Type of examination</th> <th>Duration or scope</th> <th>Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Leistungselektronik:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Wechsel aus Tafelanschrieb und vorbereiteter Präsentation</li> <li>• Gruppenübungen</li> <li>• Rechnerübungen im Computerraum</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <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>

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Leistungselektronik:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture using blackboard as well as prepared slides</li> <li>• Exercises within the group</li> <li>• Exercises in the computer room</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b>  Lecture notes, slides. Other literature will be given in the lecture</p> <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>
--

<b>Leistungselektronik für die Energiewende</b>						
Power Electronics for the Energy Transition						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.22017	180	6	Sommersemester summer term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de			
<b>1</b>	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.22017 Leistungselektronik für die Energiewende	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.22017 Power Electronics for the Energy Transition	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

## 2 Module im Masterstudiengang

2	<p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b></p> <p>Keine None</p>
3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Leistungselektronik für die Energiewende:</i>  <b>Empfohlen:</b> Die Teilnahme an der LV Leistungselektronik wird empfohlen, ist aber nicht obligatorisch.</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Leistungselektronik für die Energiewende:</i>  <b>Recommended:</b> It is recommended to take part also in the lecture power electronics, however, this is not mandatory</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Leistungselektronik für die Energiewende:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzeinführung zur Leistungselektronik</li> <li>• Wirtschaftliche Grundlagen der Energiewirtschaft, Regeln, EEG-Gesetz, Strombörse usw.</li> <li>• Technische Grundlagen der Energiewirtschaft, Durchschnittsbedarf, Tages- und Jahreszeitliche Schwankungen usw.</li> <li>• WS-Übertragungs- und Verteilnetze, Transformatoren, Grundprinzipien der Wirk- und Blindleistungsregelung, Minutenreserve, Primär-, Sekundär-, Tertiär-Regelung</li> <li>• Flexible Drehstromübertragungssysteme (FACTS)</li> <li>• Statischer Blindleistungskompensator (STATCOM), passive und aktive Filter, elektronische Transformatoren</li> <li>• Sektorkopplung, Power to Gas, Vehicle to Grid, Elektromobilität</li> <li>• Photovoltaik-Umrichter</li> <li>• Windkraft-Umrichter</li> <li>• Unterbrechungsfreie Stromversorgungen</li> <li>• Batterie-Speicher und Umrichter und Energiemanagement</li> <li>• Smart-Grids</li> <li>• Gleichstromnetze</li> <li>• Hochspannungs-Gleichstromübertragung</li> </ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

*Contents of the course Leistungselektronik für die Energiewende:*

- Brief introduction to power electronics
- Economic fundamentals of the energy industry, rules, EEG law, electricity stock exchange, etc.
- Technical principles of the energy industry, average demand, daily and seasonal fluctuations, etc.
- AC transmission and distribution grids, transformers, basics of control active and reactive power, minute reserve, primary, secondary and tertiary control
- Flexible AC transmission systems (FACTS)
- Static reactive power compensator (STATCOM), passive and active filters, electronic transformers
- Sector coupling, Power to Gas, Vehicle to Grid, E-mobility
- Photovoltaic inverter
- Wind power converter
- Uninterruptible power supplies
- Battery storage and converters and energy management
- Smart grids
- DC grids
- High-voltage DC transmission

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

- Verständnis von Energietechnischen Systemen, der Wechselwirkungen und der notwendigen Technologien
- Fähigkeit zur Analyse und Bewertung derartige Systeme
- Erste Kompetenzen zur Auswahl und Auslegung einzelner Komponenten
  
- Understanding of energy systems, interactions and necessary technologies
- Ability to analyse and evaluate such systems
- First competences for the selection and design of individual components

**6 Prüfungsleistung / Assessments:**

Modulabschlussprüfung (MAP)       Modulprüfung (MP)       Modulteilprüfungen (MTP)

zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker		

2 Module im Masterstudiengang

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/lea/lehre/veranstaltungen/lehrangebote/">https://ei.uni-paderborn.de/lea/lehre/veranstaltungen/lehrangebote/</a></p> <hr/> <p><b>ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS</b> Die Lehrveranstaltung findet im SoSe 2024 nicht statt.</p> <hr/> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Leistungselektronik für die Energiewende:</i></p> <hr/> <p><b>ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS</b> Die Lehrveranstaltung findet im SoSe 2024 nicht statt.</p> <hr/> <p><b>Module Homepage</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/lea/lehre/veranstaltungen/lehrangebote/">https://ei.uni-paderborn.de/lea/lehre/veranstaltungen/lehrangebote/</a></p> <hr/> <p><b>ATTENTION - IMPORTANT NOTICE</b> The course doesn't take place in summer term 2024.</p> <hr/> <p><i>Remarks of course Leistungselektronik für die Energiewende:</i></p> <hr/> <p><b>ATTENTION - IMPORTANT NOTICE</b> The course doesn't take place in summer term 2024.</p> <hr/>
----	--

Leistungselektronische Stromversorgungen			
Switched mode power supplies			
<b>Modulnummer / Module number:</b>  M.048.22016	<b>Workload (h):</b>  180	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>  6	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>  Wintersemester winter term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>  1.-3. Semester	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>  1	<b>Sprache / Teaching Language:</b>  de

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.22016 Leistungselektronische Stromversorgungen	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.22016 Switched Mode Power Supplies	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Leistungselektronische Stromversorgungen:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Leistungselektronische Stromversorgungen:</i> None						
4	<b>Inhalte / Contents:</b>						
	<i>Inhalte der Lehrveranstaltung Leistungselektronische Stromversorgungen:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Die Vorlesung behandelt grundlegende Schaltungstopologien von potentialtrennenden leistungselektronischen Stromversorgungen sowie deren Modellbildung und Regelung. <b>Inhalt</b>						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundsaltungen potentialtrennender Gleichstromsteller</li> <li>• Transformatoren, gekoppelte Spulen, Filter- und Schwingkreiskomponenten</li> <li>• Resonanztechnik für verlustarmes Schalten</li> <li>• Regelungstechnische Modellierung von Schaltnetzteilen</li> <li>• Netzgleichrichter mit sinusförmiger Stromaufnahme (PFC): Leistungsteil und Regelungskonzepte</li> </ul>						

	<p><i>Contents of the course Leistungselektronische Stromversorgungen:</i></p> <p><b>Short Description</b> The course covers basic circuit topologies of electronic power supplies with electric isolation as well as their modeling and control.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Basic circuits of isolated DC-DC power converters</li><li>• Transformers, coupled inductors, filters and resonant tanks</li><li>• Resonant technique for low loss switching</li><li>• Control design for switched mode power supplies</li><li>• Rectifiers with sinusoidal current shape (PFC): power stage and control concepts</li></ul>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• leistungselektronische Schaltungen in Abhängigkeit von der Betriebsart zu analysieren und die Anforderungen an Bauteile zu definieren</li><li>• Topologien und Schalttechniken zu vergleichen und die Eignung einer Schaltung für bestimmte Anwendungen zu bewerten</li><li>• Schaltungen und Regelungen mittels verschiedener Verfahren zu modellieren und zu dimensionieren</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• erlernen eine schaltungsbezogene Sichtweise und können die Anforderungen an Bauteile festlegen</li><li>• erweitern ihre Kenntnisse zur rechnergestützten Schaltungs- und Reglerauslegung</li><li>• können die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen; dazu wird eintägige praktische Übung angeboten</li></ul> <p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• to analyse power electronic circuits according to their mode of operation and component requirements</li><li>• to compare technologies and switching techniques and to evaluate their ability for specific applications</li><li>• to model circuit and control by special procedures</li></ul> <p><b>Key qualifications:</b> 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 circuit- and control modelling</li><li>• extend their competence by self study; a one-day practical course will be offered therefore</li></ul>

2 Module im Masterstudiengang

6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>			
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>Gewichtung für die Modulnote</b>
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%
	<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
	zu	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>
	a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>			
	keine none			
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>			
	Keine None			
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b>			
	Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.			
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b>			
	BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5			
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>			
	Dr.-Ing. Frank Schafmeister			

## 2 Module im Masterstudiengang

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Leistungselektronische Stromversorgungen:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung</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 und Inbetriebnahme eines Schaltnetzteils)</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>            Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <p><i>Remarks of course Leistungselektronische Stromversorgungen:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a>  <b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lecture</li> <li>• exercise (classic exercise and computer-based simulation)</li> <li>• one-day practical course in the last week of lecture period (assembly and initial operation of a switched mode power supply)</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b>            Lecture slides and skript, further literature will be announced within the lecture.</p>
----	--

Mensch-Haus-Umwelt						
Men-House-Environment						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.22007	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.22007 Mensch-Haus-Umwelt	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

## 2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.22007 Men-House-Environment	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Mensch-Haus-Umwelt:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Mensch-Haus-Umwelt:</i> None					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Mensch-Haus-Umwelt:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> 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> Die Veranstaltung Mensch-Haus-Umwelt behandelt die ganzheitliche Betrachtung von Energiebedarfselementen 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. <i>Contents of the course Mensch-Haus-Umwelt:</i> <b>Short description</b> The different levels of energy accounting and their respective significance. Calculation methods for the energy intensity of products, taking into account a holistic balancing of the product life cycles. Mechanisms and potentials of rational energy use using the example of the building and housing sector. <b>Contents</b> The course Man-House-Environment deals with the holistic consideration of energy demand elements during the construction and use up to the demolition of buildings (including the production of building materials). The mechanisms for energy balancing are fundamentally elaborated and their application is deepened in such a way that they are transferable to other life cycle considerations (products, manufacturing components, etc.).					

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b></p> <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><b>Expertise:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The complexity of energy supply, which is usually taken for granted, should be communicated. A central point here is the overall energy balancing approach, which often is neglected.</li> <li>• The interaction of ecological, economic, and sociological factors for the use of the environment as a living space is to be worked out.</li> </ul> <p><b>Cross-disciplinary competencies:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In addition to the subject-specific competencies, the course also enables students for general project-related work in their later professional career – by the intensive cooperation during the exercise phase. An important aspect is the mixture of skills that the students from the different disciplines "bring along" through their education.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1330 1422 1507"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td>120-180 min oder 30-45 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1574 1422 1751"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Type of examination</th> <th>Duration or scope</th> <th>Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination</td> <td>120-180 min or 30-45 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Stefan Krauter</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Mensch-Haus-Umwelt:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</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</b>          Im Rahmen der in Form einer Frontalvorlesung angebotenen Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den Grundlagen und den Berechnungsverfahren vertraut gemacht. Im Rahmen der Übungen werden die Erkenntnisse durch eigene Auseinandersetzung mit den Themen vertieft und erweitert.  <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Zur Veranstaltung wird ein umfassendes Skript zur Verfügung gestellt in dem gezielt weitere Quellen zur Vertiefung benannt sind.   <i>Remarks of course Mensch-Haus-Umwelt:</i>  <b>Course 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>Implementation</b>          In the course, which is offered in the form of a frontal lecture, the students are familiarized with the fundamentals and the calculation methods. In the context of the exercises, the knowledge is deepened and extended through their own examination of the topics.  <b>Teaching Material, Literature</b>          A comprehensive script for the course is provided in which further literature sources are mentioned.</p>

2 Module im Masterstudiengang

<b>Messstochastik</b>						
Statistics in measurement						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.22008	180	6		Sommersemester summer term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		de		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.22008 Messstochastik	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.22008 Measuring Stochastics	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Messstochastik:</i> <b>Empfohlen:</b> Vorkenntnisse aus dem Modul Messtechnik werden erwartet. None <i>Prerequisites of course Messstochastik:</i> <b>Recommended:</b> Prior knowledge from the Measurement Technology module is expected.					

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Messstochastik:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <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> <p><b>Inhalt</b></p> <p>Die Vorlesung Messstochastik behandelt folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen der Messstochastik</li><li>• Stochastische Prozesse in nichtlinearen Systemen</li><li>• Geräte der Messstochastik</li><li>• Probleme der endlichen Messzeit</li><li>• Anwendungen: Signalerkennung im Rauschen, Worterkennung durch partielle Autokorrelation, Systemidentifikation, Flammüberwachung, Ortung, Lecksuche in Leitungen, Trennung stochastischer Summenprozesse, Laufzeit- und Geschwindigkeitsmessung bei starren und turbulenten sowie stationären und instationären Bewegungsabläufen, Rehocence- und Cepstrumverfahren, Sensoren zur korrelativen Geschwindigkeitsmessung, FTIR-Spektrometer als optischer Korrelator</li></ul> <p><i>Contents of the course Messstochastik:</i></p> <p><b>Short description</b></p> <p>In many areas of technology, randomly fluctuating (stochastic) variables occur, the course of which cannot be specified by formula. Such random temperature, pressure or voltage fluctuations can be disturbances, but also useful signals. Their treatment requires statistical methods, such as spectral analysis or correlation methods. The errors occurring during their realization with respect to measurement time and amplitude quantization are dealt with. The practical use of statistical methods in the field of communication and automation technology is demonstrated. Lecture-accompanying Matlab® and laboratory practical exercises help to deepen the material.</p> <p><b>Contents</b></p> <p>The lecture Measurement Stochastics covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fundamentals of measurement stochastics.</li><li>• Stochastic processes in nonlinear systems</li><li>• Devices of measurement stochastics</li><li>• Problems of finite measurement time</li><li>• Applications: Signal detection in noise, word recognition by partial autocorrelation, system identification, flame monitoring, localization, leak detection in pipes, separation of stochastic sum processes, time-of-flight and velocity measurement in rigid and turbulent as well as stationary and unsteady motion processes, rehocence and cepstrum methods, sensors for correlative velocity measurement, FTIR spectrometer as optical correlator.</li></ul>
---	--

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe Messaufgaben mit stochastisch schwankenden Größen zu analysieren und zu beurteilen sowie eigene Lösungen zu entwickeln,</li> <li>• Algorithmen bezüglich Recheneffizienz, Effektivität, Fehlerabschätzung und Grenzen zu bewerten.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</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> <p><b>Specialized competence:</b> After attending the course, students are able to,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analyze and evaluate complex measurement tasks with stochastically varying quantities and develop their own solutions,</li> <li>• evaluate algorithms with respect to computational efficiency, effectiveness, error estimation, and limitations.</li> </ul> <p><b>Cross-disciplinary competencies:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• can apply the acquired knowledge across disciplines to complex problems,</li> <li>• are able to develop targeted solutions based on a systematic problem analysis,</li> <li>• are methodically able to familiarize themselves with comparable fields of work.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														

## 2 Module im Masterstudiengang

7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Fabian Bause</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Messstochastik:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung</b></p> <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> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Es wird Begleitmaterial bereitgestellt, das in der Vorlesung zu ergänzen ist. Hinweise auf Lehrbücher und auf wichtige Publikationen werden gegeben.</p>

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Messtochastik:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture on interactive presentation board with step-by-step development of extensive correlations.</li> <li>• Solution of exercise problems and laboratory practical treatment mess</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b>  Supporting material will be provided to be completed in lecture. References to textbooks and to important publications will be given.</p>
---

Modellierung von Energiesystemen						
Modelling of Energy Systems						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.22019	180	6		Wintersemester winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		de		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
a)	L.048.22019 Modellierung von Energiesystemen	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.22019 Modelling of Energy Systems	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					

## 2 Module im Masterstudiengang

3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Modellierung von Energiesystemen:</i></p> <p>Keine</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Modellierung von Energiesystemen:</i></p> <p>None</p>								
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Modellierung von Energiesystemen:</i></p> <p>Aufbauend auf einem ganzheitlichen Verständnis von Energiesystemen werden im Rahmen des Kurses die Grundlagen zur Modellierung ebendieser behandelt. Dafür werden ausgehend von einfachen Modellierungen alleinstehender energietechnischer Komponenten schrittweise umfangreichere Energiesysteme behandelt. Die Bedeutung von Eingangsdaten und Parametern sowie die Auswirkungen unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösungen werden thematisiert. Zudem werden verschiedene Techniken zur Verifizierung und Validierung, Optimierung von Simulationen, zur Sensitivitätsanalyse und zur Risikoabschätzung im Kontext regenerativer Energiesysteme gelehrt. Begleitet werden die Vorlesungen durch praktische Übungen, in denen die Studierenden schrittweise die vermittelten Lerninhalte durch den Aufbau und die Simulation eigener Modelle vertiefen.</p> <p><i>Contents of the course Modellierung von Energiesystemen:</i></p> <p>Building on a holistic understanding of energy systems, the course covers the basics of modelling them. For this purpose, starting with simple modelling of stand-alone energy technology components, more extensive energy systems are dealt with step by step. The importance of input data and parameters as well as the effects of different spatial and temporal resolutions are discussed. In addition, various techniques for verification and validation, optimising simulations, for sensitivity analysis and for risk assessment in the context of regenerative energy systems are taught. The lectures are accompanied by practical exercises in which the students gradually deepen the learning content by building and simulating their own models.</p>								
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>Die Studierenden werden durch die Teilnahme an dem Kurs in die Lage versetzt, sowohl Simulationsmodelle und -studien umfassend bewerten als auch eigenständig umfangreiche Energiesysteme modellieren zu können. Grundlegende Techniken der Modellierung, Optimierung und Bewertung sind erlernt und können angewendet werden.</p> <p>By participating in the course, students are enabled to comprehensively evaluate simulation models and studies as well as to independently model extensive energy systems. Basic techniques of modelling, optimisation and evaluation are learned and can be applied.</p>								
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; text-align: center;">zu</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%						

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr. Henning Meschede		
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> keine none		

<b>Solar Electric Energy Systems</b>
Solar Electric Energy Systems

2 Module im Masterstudiengang

<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.22013	180	6	Sommersemester summer term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.22013 Solarelektrische Energiesys- teme	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.22013 Solar Electric Energy Sys- tems	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Solarelektrische Energiesysteme:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Solarelektrische Energiesysteme:</i> None					

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Solarelektrische Energiesysteme:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b> Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität zur Energieversorgung: Grundlagen, Eigenschaften der Wandler und Materialien, Performance, Energieertrag, Lebensdauer, Normen, Prüfung, Systeme, Modellierung, Simulation.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Potentiale, astronomische Gegebenheiten, Einstrahlung, Abschattung</li><li>2. Konzentration, Solarthermische Energiewandlung</li><li>3. Prinzip der photovoltaischen Energiewandlung, Parameter photovoltaischer Wandler</li><li>4. Herstellung von Solarzellen, Solarmodulen, Kenndaten</li><li>5. PV-Systeme: Verkabelung, Wechselrichter, Netzanschlusskonfigurationsmöglichkeiten</li><li>6. PV-Systeme: Aufständigung, BoS, Autonome- vs. netzgebundene Systeme, Kosten</li><li>7. Marktentwicklung der PV: Off-Grid-Märkte, Märkte durch Einspeisetarife (FIT), Eigenversorgung, Kostenentwicklung</li><li>8. Simulation von PV-Systemen und Microgrids mittels HOMER</li><li>9. Leistung: optische, thermische und elektrische Modellierung, Simulation, Messung</li><li>10. Haltbarkeit von PV-Modulen und Systemen: Standards, Tests, Degradationseffekte</li><li>11. Energiespeicher</li><li>12. Aufbau von PV-Grossanlagen</li><li>13. PV für die generelle Stromversorgung: Vorhersagbarkeit der PV-Leistung, Kombination mit anderen Energiequellen, Speicher, Lastmanagement</li><li>14. Exkursion zu einem PV-Kraftwerk (Besuch, Interview mit dem Betreiber, Dokumentation)</li></ol> <p><i>Contents of the course Solarelektrische Energiesysteme:</i></p> <p><b>Short Description</b> 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.</p> <p><b>Contents</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Potentials, Irradiance, Shadowing</li><li>2. Concentration, Solar thermal systems</li><li>3. Principle of photovoltaic conversion, making of solar cells, characteristics of photovoltaic conversion devices</li><li>4. Manufacturing of solar modules, characteristics, performance</li><li>5. PV systems: wiring, inverters, grid-connected system configurations</li><li>6. PV systems: Mounting, BoS, Off- vs. On-grid grid Systems, Costs</li><li>7. Market development of PV: off-grid markets, markets triggered by feed-in tariffs (FiT), self-sustainable markets, cost and price development</li><li>8. Simulation of PV Systems and Microgrids via the HOMER software</li><li>9. Performance: optical, thermal and electrical modeling, simulation, measurement</li><li>10. Durability of PV modules and systems: Standards, tests, degradation effects</li><li>11. Energy Storage</li><li>12. Set-up methods for large scale PV power plants</li><li>13. PV for general electricity supply: Predictability, combination with other energy sources, Modification, Load Management</li><li>14. Excursion to a solar research unit or a solar project</li></ol>
---	--

## 2 Module im Masterstudiengang

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die spezifischen Eigenschaften einer Energieerzeugung mittels solarthermischer und photovoltaischer Wandler zu verstehen.</li> <li>• 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.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> 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 einer nachhaltigen Energieversorgung einsetzen</li> <li>• sind in der Lage, sich in der Zukunft selbst weiterzubilden</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b> After completing the course the students should be Students in a position to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• be familiarized with the basics of solar electric power engineering.</li> <li>• 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</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are enabled to apply the knowledge and skills across disciplines</li> <li>• are enabled to use method-oriented approaches for the implementation of sustainable energy supply</li> <li>• are enabled to educate themselves in the future.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)              <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)              <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)       </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)              <input type="checkbox"/> Module exam (MP)              <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)       </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														

## 2 Module im Masterstudiengang

7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Stefan Krauter</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Solarelektrische Energiesysteme:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a>  <b>Methodische Umsetzung</b>          Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen &amp; Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen /  <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</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, 2019 (under preparation, preprint available). Stefan Krauter, S.: Simple and effective methods to match photovoltaic power generation to the grid load profile for a PV based energy system. In: Solar Energy 159 (2018) S. 768–776. Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.</p>

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Solarelektrische Energiesysteme:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a></p> <p><b>Implementation</b>  Lecture combined with practical examples &amp; simulations; Excursion to see applications in practice</p> <p><b>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, 2019 (under preparation, preprint available). Stefan Krauter, S.: Simple and effective methods to match photovoltaic power generation to the grid load profile for a PV based energy system. In: Solar Energy 159 (2018) S. 768–776. Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.</p>
---

Umweltmesstechnik						
Environmental monitoring and measuring technologies						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.22010	180	6		Wintersemester winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		de		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
	a) L.048.22010 Umweltmesstechnik	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a) L.048.22010 Environmental Monitoring and Measuring Technologies	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine					

## 2 Module im Masterstudiengang

	None
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Umweltmesstechnik:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Umweltmesstechnik:</i> None
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Umweltmesstechnik:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> 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. <b>Inhalt</b> Die Vorlesung Umweltmesstechnik behandelt folgende Themen: <ul style="list-style-type: none"><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 Analysetechnik</li><li>• Sensoren für die Flüssigkeitsanalyse</li><li>• Sensoren für die Gasanalyse</li></ul>

	<p><i>Contents of the course Umweltmesstechnik:</i></p> <p><b>Short Description:</b> The ever more intensive use of natural resources is leading to increasing environmental pollution. This course deals with the problems of certain selected impact mechanisms in relation to the impact sites or habitats. The relevant quantities will be characterised and the measurement principles and methods suitable for determining them will be described. In particular, the explanations concentrate on the metrological determination of contamination and monitoring of air, water and soil.</p> <p><b>Contents:</b> The lecture Environmental Monitoring and Measuring Technologies is structured as follows</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Legal framework of environmental protection</li><li>• Significance and tasks of environmental monitoring and measuring technology</li><li>• Explanation of the mechanisms of action in the increasingly intensive use of natural resources as well as the increasing hazard potential through the use of technologies</li><li>• Chemosensor technology and sample preparation</li><li>• Measurement principles and methods of environmental measurement technology</li><li>• Optodes and optical measurement and analysis technology</li><li>• Sensors for liquid analysis</li><li>• Sensors for gas analysis</li></ul>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> 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><li>• Messergebnisse zu charakterisieren und zu interpretieren.</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> 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>

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> After attending the course, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analyse and understand the mechanisms of action in increasing environmental problems,</li> <li>• to select suitable measurement principles or measurement techniques for selected measurement tasks, considering the concrete measurement conditions,</li> <li>• characterise and interpret measurement results.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• can apply the acquired knowledge and skills in an interdisciplinary manner and with complex issues,</li> <li>• are able to develop targeted solutions based on systematic problem analysis,</li> <li>• are capable of familiarising themselves with relevant fields of work due to the method-oriented knowledge transfer.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP) </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td>120-180 min oder 30-45 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP) </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination</td> <td>120-180 min or 30-45 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Bernd Henning</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Umweltmesstechnik:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Praktische Arbeit in Gruppen mit Messtechnik im Labor</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</p> <p><i>Remarks of course Umweltmesstechnik:</i>  <b>Module Homepage</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>  <b>Methodical implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures with slide presentation of extensive correlations</li> <li>• Practical work in groups with measurement technology in the laboratory</li> </ul> <p><b>Learning materials, references</b>          Provision of a script; references to textbooks from the textbook collection will be announced.</p>

### 2.4.2 Kognitive Systeme

Katalogname / Name of catalogue	Kognitive Systeme / Cognitive Systems
Module / Modules	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Advanced Topics in Robotics / Advanced Topics in Robotics</li> <li>* Data Science for Physics and Engineering / Data Science for Physics and Engineering</li> <li>* Digital Image Processing I / Digital Image Processing I</li> <li>* Digital Image Processing II / Digital Image Processing II</li> <li>* Reinforcement Learning / Reinforcement Learning</li> <li>* Robotik / Robotics</li> </ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue	Kognitive Systeme / Cognitive Systems
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Mertsching, Bärbel, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	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.

Advanced Topics in Robotics						
Advanced Topics in Robotics						
Modulnummer / Module number:	Workload (h):	Leistungspunkte / Credits:	Turnus / Regular Cycle:			
M.048.23020	180	6	Wintersemester winter term			
Studiensemester / Semester number:	Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):	Sprache / Teaching Language:				
1.-3. Semester	1	en				
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	Lehrveranstaltung	Lehr- form	Kontakt- zeit (h)	Selbst- studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen- größe (TN)
a)	L.048.23020 Advanced Topics in Robotics	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

## 2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.23020 Advanced Topics in Robotics	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced Topics in Robotics:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Advanced Topics in Robotics:</i> None					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced Topics in Robotics:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> 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. <b>Inhalt</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>					

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Advanced Topics in Robotics:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>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.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Architectures of robot systems</li> <li>• Middleware for hardware abstraction</li> <li>• Device drivers and libraries</li> <li>• Visualization</li> <li>• Local navigation processes (collision avoidance)</li> <li>• Global navigation processes (pathfinding)</li> <li>• Navigation and self-localization methods (SLAM)</li> <li>• Fundamentals of task planning</li> </ul>										
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz</b> Die Studierenden</p> <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> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen</b> Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in C.</p> <p><b>Domain competence:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to name and analyze the basic robot architectures for mobile robots,</li> <li>• have a good command of the methods for the navigation and control of mobile robots and</li> <li>• are able to implement, test and apply them.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students have a good command of programming in the C language</p>										
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%								

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr. Bärbel Mertsching		

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced Topics in Robotics:</i> <b>Lehrveranstaltungsseite</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <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></ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <p>Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden noch bekannt gegeben.</p> <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> <p><i>Remarks of course Advanced Topics in Robotics:</i> <b>Course Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• The theoretical and methodical fundamentals will be introduced during the lecture.</li><li>• The methods presented will be practiced during the subsequent exercise / lab part.</li><li>• Finally, the participants will implement, test, and apply simple algorithms.</li><li>• The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.</li></ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <p>Allocation of lecture notes; information on textbooks stocked in the textbook collection will be announced later.</p> <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>
----	--

**Data Science for Physics and Engineering**

Data Science for Physics and Engineering

2 Module im Masterstudiengang

<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.079.4077	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
		1	en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.079.05701 Data Science for Physics and Engineering	V3 Ü2	75	105	WP	50
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.079.05701 Data Science for Physics and Engineering	L3 Ex2	75	105	CE	50
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	keine none					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	<i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Data Science for Physics and Engineering:</i> keine					
	<i>Prerequisites of course Data Science for Physics and Engineering:</i> none					

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Data Science for Physics and Engineering:</i> Datenbasierte Methoden haben in den vergangenen Jahren die Modellierung, Vorhersage und Steuerung komplexer Systeme revolutioniert. In dieser Vorlesung behandeln wir die Grundlagen aus den Bereichen <i>Maschinelles Lernen</i>, <i>Ingenieurwissenschaften</i> sowie <i>mathematischer Physik</i>, um moderne Verfahren aus dem Bereich Data Science in die Modellierung und Steuerung komplexer Systeme zu integrieren. Wir behandeln auch aktuelle Fortschritte im Bereich des <i>wissenschaftlichen Rechnens</i>, die es ermöglichen, datenbasierte Methoden in einer Vielzahl von Anwendungen einzusetzen, zum Beispiel Fluidodynamik, Gehirnströme, Klima, Epidemiologie, Finanzen oder Robotik.</p> <p>Die behandelten Themenblöcke sind:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mustererkennung und Dimensionsreduktion</li><li>• Koordinatentransformationen</li><li>• Maschinelles Lernen und Datenanalyse</li><li>• Dynamische Systeme und Kontrolle</li><li>• Reduzierte Modelle</li></ul> <p><i>Contents of the course Data Science for Physics and Engineering:</i> Data-driven methods are revolutionizing the modeling, prediction, and control of complex systems. In this lecture series, we will cover the basis regarding <i>machine learning</i>, <i>engineering</i>, and <i>mathematical physics</i> to integrate modeling and control of dynamical systems with modern methods in data science. We also highlight many of the recent advances in <i>scientific computing</i> that enable data-driven methods to be applied to a diverse range of complex systems such as fluid dynamics, the brain, climate, epidemiology, finance, and robotics.</p> <p>The covered topics include:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Pattern recognition and dimensionality reduction</li><li>• Coordinate transformations</li><li>• Machine learning and data analysis</li><li>• Dynamics and control</li><li>• Reduced order modeling</li></ul>
---	---

5

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

Studenten lernen

- Faktenwissen über
  - die Grundlagen maschineller Lernverfahren im Kontext technischer und physikalischer Systeme
  - Grundlagen aus dem Bereich der Vorhersage und Steuerung dynamischer Systeme
  - mathematische Grundlagen der datenbasierten Modellreduktion
- Methodisches Wissen über
  - verschiedene, in den datenbasierten Ingenieurwissenschaften weit verbreitete Ansätze zur effizienten Datenverarbeitung und -auswertung
  - die interdisziplinäre Verknüpfung verschiedener Methoden zur Lösung komplexer Problemstellungen
- Transfer-Wissen, u.a. die Fähigkeit
  - die Methoden auf neue Systeme und Problemklassen zu übertragen
  - etablierte Methoden des maschinellen Lernens für spezifische Problemklassen geschickt miteinander zu verknüpfen
- Normatives Wissen, unter anderem die Fähigkeit folgendes zu bewerten
  - Die Eignung bestimmter Methoden hinsichtlich der verfügbaren Datenmenge, der Systemkomplexität, etc.
  - den Aufwand und die Machbarkeit von datenbasierte Projekten im ingenieurwissenschaftlichen Kontext

**Nichtkognitive Kompetenzen**

- Lernkompetenz
- Lernmotivation

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p>Students learn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• factual knowledge about             <ul style="list-style-type: none"> <li>– the basis of machine learning methods in the context of technical and physical systems</li> <li>– basic knowledge regarding prediction and control of dynamical systems</li> <li>– mathematical basics of data-driven surrogate modelling</li> </ul> </li> <li>• methodological knowledge, including             <ul style="list-style-type: none"> <li>– various frequently used approaches for efficient data management and analysis in engineering</li> <li>– the interdisciplinary connection of different methods for solving complex problems</li> </ul> </li> <li>• transfer skills             <ul style="list-style-type: none"> <li>– the application of the learned methods to new systems and problem classes</li> <li>– the suitable combination of established machine learning methods for new specific problem classes</li> </ul> </li> <li>• normative evaluation skills including the ability to assess             <ul style="list-style-type: none"> <li>– the suitability of specific methods in terms of the available amount of data, the system complexity, etc.</li> <li>– the effort and feasibility of data-driven projects in engineering</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Non-cognitive Skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learning competence</li> <li>• learning motivation</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)                  <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)                  <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)           </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td style="text-align: center;">90-120 min bzw. 40 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)                  <input type="checkbox"/> Module exam (MP)                  <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)           </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or oral examination</td> <td style="text-align: center;">90-120 min or 40 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Within the first three weeks of the lecture period each respective lecturer will specify the manner in which the course achievement will be conducted.</p>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or oral examination	90-120 min or 40 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or oral examination	90-120 min or 40 min	100%														

2 Module im Masterstudiengang

7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>keine none</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>keine</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr. Sebastian Peitz</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Data Science for Physics and Engineering:</i>  <b>Methodische Umsetzung</b>  Theoretische Konzepte werden in der Vorlesung erläutert und in den Tutorien mit Übungen und Programmieraufgaben vertieft. Tutorien werden sowohl in Eigenarbeit als auch mittels gemeinsamer Diskussionen durchgeführt.  <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steven L. Brunton and J. Nathan Kutz. Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control. Cambridge University Press, 2019.</li> </ul> <p><i>Remarks of course Data Science for Physics and Engineering:</i>  <b>Implementation method</b>  Theoretical concepts will be presented during lectures and consolidated in tutorials with exercises as well as programming tasks. Tutorials will be realized via individual work as well as joint discussions.  <b>Learning Material, Literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steven L. Brunton and J. Nathan Kutz. Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control. Cambridge University Press, 2019.</li> </ul>

2 Module im Masterstudiengang

Digital Image Processing I						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.23002	180	6		Wintersemester winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.23002 Digital Image Processing I	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.23002 Digital Image Processing I	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Digital Image Processing I:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Digital Image Processing I:</i> None					

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Digital Image Processing I:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</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.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <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> <p><i>Contents of the course Digital Image Processing I:</i></p> <p><b>Short Description</b>          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. The course provides a fundamental introduction to digital image processing.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic principles (coordinates, types of image data, human perception, light and electromagnetic spectrum)</li> <li>• Image acquisition (sampling, quantization, aliasing, neighborhoods)</li> <li>• Image enhancement in the spatial domain (transformations, histograms, arithmetic and logarithmic operations, spatial filters in general, smoothing filters, edge filters)</li> <li>• Image enhancement in the frequency domain (Fourier Transform, smoothing filters, edge filters)</li> <li>• Compression and reduction of image data (basic principles, compression models, information theory, compression standards)</li> </ul>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b>          Die Studierenden</p> <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> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b>          Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in C und C++.</p>

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to describe the basics of image generation and image digitization and</li> <li>• 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.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students have a good command of programming in the C language and C++.</p>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Bärbel Mertsching</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Digital Image Processing I:</i></p> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <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></ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):</p> <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>

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Digital Image Processing I:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The theoretical and methodic fundamentals will be introduced during the lecture.</li> <li>• The methods presented will be practiced during the subsequent exercise / lab part.</li> <li>• Finally, the participants will implement, test, and apply simple image processing algorithms.</li> <li>• The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b>  Lecture notes, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</p> <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>
--

<b>Digital Image Processing II</b>						
Digital Image Processing II						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.23016	180	6	Sommersemester summer term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	en			
<b>1</b>	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.23016 Digital Image Processing II	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

## 2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.23016 Digital Image Processing II	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Digital Image Processing II:</i> <b>Empfohlen:</b> Grundkenntnisse der Bildverarbeitung, z. B. aus der Digital Image Processing I (L.048.23002 / L.048.92008) None <i>Prerequisites of course Digital Image Processing II:</i> <b>Recommended:</b> Basic knowledge of image processing, (e. g. from the course Digital Image Processing I (L.048.23002 / L.048.92008)					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Digital Image Processing II:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Die Veranstaltung "Digitale Bildverarbeitung II" ist ein Modul im Katalog "Kognitive Systeme" für fortgeschrittene Studierende des Masterstudiengangs Elektrotechnik und verwandter Studiengänge. Es schließt sich an die Grundlagenveranstaltung "Digitale Bildverarbeitung I" an und behandelt Methoden der anspruchsvollen Bildverarbeitung. <b>Inhalt</b> Die folgenden Themen werden im Laufe des Semesters behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildsegmentierung (Linien- und Kantenerkennung, Segmentierung nach Regionen, Superpixel)</li> <li>• Merkmalsextraktion (Merkmalsdeskriptoren, Hauptkomponenten, Scale-Invariant-Feature-Transform (SIFT))</li> <li>• Stereobildanalyse (Tiefenwahrnehmung, Stereogeometrie, Korrespondenzproblem)</li> <li>• Bewegung (Bewegungserkennung, optischer Fluss, Bewegungsmodelle, Bewegungssegmentierung)</li> <li>• Objekterkennung und Klassifizierung von Bildmustern (Muster, Klassifikatoren, neuronale Netze und Deep Learning, Convolutional Neural Networks (CNN))</li> </ul> Nachdem die Studierenden die Methoden in der Vorlesung kennengelernt haben, werden sie diese in Jupyter Notebooks implementieren.					

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Digital Image Processing II:</i></p> <p><b>Short Description</b> 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 degree programs. It follows the fundamental course “Digital Image Processing I” and covers methods for high-level image processing.</p> <p><b>Contents</b> The following topics will be discussed during the semester:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Image segmentation (line and edge detection, segmentation by region, superpixels)</li><li>• Feature extraction (feature descriptors, principal components, Scale-Invariant-Feature-Transform (SIFT))</li><li>• Stereo image analysis (depth perception, stereo geometry, correspondence problem)</li><li>• Motion (motion detection, optical flow, motion models, motion segmentation)</li><li>• Object recognition and image pattern classification (patterns, classifiers, neural networks and deep learning, convolutional neural networks (CNN))</li></ul> <p>After learning about the methods in the lecture, the students will implement them in Jupyter Notebooks.</p>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• können die grundlegenden Methoden zur Bildsegmentation anwenden,</li><li>• beherrschen Methoden zur Beschreibung von Bildmerkmalen und zur Objekterkennung,</li><li>• können Kenntnisse aus der Bildverarbeitung auf die Behandlung anderer mehrdimensionaler Signale übertragen und</li><li>• können den aktuellen Stand des Wissens in den vorgestellten Gebieten beschreiben.</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden können die Funktion und das Verhalten komplexer technischer Prozesse und ihre Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld unter ethischen Gesichtspunkten erkennen und bewerten.</p> <p><b>Domain competence:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• are able use the basic methods for image segmentation,</li><li>• have a good command of the probabilistic methods for the description of image features and object recognition,</li><li>• are able to transfer the acquired knowledge of image processing to the processing of other multi-dimensional signals and</li><li>• are able to describe the state-of-the-art of the presented topics.</li></ul> <p><b>Key qualifications:</b> 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.</p>

2 Module im Masterstudiengang

6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>			
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)			
	<b>zu</b>	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>Gewichtung für die Modulnote</b>
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
	<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
	<b>zu</b>	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>
	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>			
	keine none			
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>			
	Keine None			
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b>			
	Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.			
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b>			
	BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik			
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>			
	Prof. Dr. Bärbel Mertsching			

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Digital Image Processing II:</i></p> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II">[http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II]</a></p> <p><b>Lernmaterialien</b>          siehe PANDA (<a href="https://panda.uni-paderborn.de">[https://panda.uni-paderborn.de]</a>)</p> <p><b>Literaturangaben (Auswahl)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing (lecture notes)</li> <li>• Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice-Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG</li> <li>• Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital Image Processing. Pearson Education Limited, 4th ed., 2018. ISBN-13: 978-1-292-22304-9</li> <li>• Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7. Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514</li> </ul> <p><i>Remarks of course Digital Image Processing II:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II">[http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II]</a></p> <p><b>Course Documents</b>          see PANDA (<a href="https://panda.uni-paderborn.de">[https://panda.uni-paderborn.de]</a>)</p> <p><b>References (excerpt)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing (lecture notes)</li> <li>• Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice-Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG</li> <li>• Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital Image Processing. Pearson Education Limited, 4th ed., 2018. ISBN-13: 978-1-292-22304-9</li> <li>• Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7. Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514</li> </ul>
----	--

<b>Reinforcement Learning</b>			
Reinforcement Learning			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.23022	180	6	Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.23022 Reinforcement Learning	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.23022 Reinforcement Learning	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine						
	<i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Reinforcement Learning:</i>						
	<b>Empfohlen:</b> Es wird empfohlen, gesicherte Grundlagenkenntnisse im Bereich der System- und Regelungstheorie vorweisen zu können. Idealerweise verfügen die Studierenden zudem über Kenntnisse im Bereich des (un-)überwachten maschinellen Lernens und der numerischen Optimierung. Darüber hinaus sind zumindest erste Erfahrungen im Umgang mit Python für die Bearbeitung der Übungsaufgaben von Vorteil.						
	None						
	<i>Prerequisites of course Reinforcement Learning:</i>						
	<b>Recommended:</b> It is recommended to have a sound basic knowledge in the field of system and control theory. Ideally, the students have knowledge in the field of un-/supervised machine learning and numerical optimization. In addition, at least some experience with Python will be advantageous for the exercise and tutorial tasks.						

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Reinforcement Learning:*

Die Veranstaltung vermittelt die Grundlagen des bestärkenden Lernens (engl. reinforcement learning - RL) in einem ingenieurwissenschaftlichen Kontext. Das RL steht für eine Reihe von Methoden des maschinellen Lernens, bei denen ein Agent selbständig eine Strategie (engl. policy) erlernt, um erhaltene Belohnungen in der Interaktion mit einem (unbekannten) System zu maximieren. Dies kann beispielsweise ein Regelkreis sein, bei dem ein adaptiver Regler aus vorangegangenen Beobachtungen der Stell- und Messgrößen versucht, ein optimales Regelgesetz zu ermitteln, welches gewisse Gütekriterien bezüglich der Reglerperformanz maximiert. Bekannte Anwendungsfelder sind u.a. der Betrieb von autonomen Fahrzeugen sowie Industrierobotern oder auch das Auffinden optimaler Strategien im Kontext von Freizeitspielen.

Die Veranstaltung hat einen anwendungsbezogenen Fokus in den Ingenieurwissenschaften, richtet sich darüber hinaus fächerübergreifend auch an Studierende der Naturwissenschaften (z.B. Informatik, Mathematik). Neben der Vermittlung der methodischen Grundlagen innerhalb der Vorlesung wird großer Wert auf praktische Implementierungs- und Programmieraufgaben innerhalb der Übung gelegt.

Die Veranstaltung wird inhaltlich folgende Punkte aufgreifen:

- Begriffliche Grundlagen und historische Einordnung
- Markov-Entscheidungsprozesse
- Dynamische Programmierung
- Monte-Carlo Lernen
- Temporal Difference Learning
- Bootstrapping
- Funktionsapproximation und tiefes Lernen
- On- und Off-Policy Strategien
- Policy Gradient Methoden
- Trust Region Methoden

*Contents of the course Reinforcement Learning:*

The course covers the basics of reinforcement learning (RL) in an engineering context. RL stands for a series of methods of machine learning in which an agent independently learns a strategy (policy) to maximize the rewards received during interaction with an (unknown) system. This can be, for example, a control loop in which an adaptive controller tries to determine an optimal control law from previous observations of the control and measurement variables, which maximizes certain benchmark criteria with regard to controller performance. Well-known fields of application include the operation of autonomous vehicles and industrial robots or the identification of optimal strategies in the context of leisure games.

The course has an application-oriented focus in the engineering sciences but is also designed for students of natural sciences (e.g. computer science, mathematics). In addition to teaching the methodological fundamentals within the lecture, great importance is attached to practical implementation and programming tasks during the exercise and tutorial hours.

The course will cover the following content:

- Conceptual basics and historical overview
- Markov decision processes
- Dynamic programming
- Monte Carlo learning
- Temporal difference learning
- Bootstrapping
- Function approximation and deep learning
- On- and Off-policy strategies
- Policy gradient methods
- Trust region methods

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

**Fachkompetenzen**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung befähigt

- grundlegende RL-Methoden zu differenzieren, anzuwenden und zu analysieren,
- können Unterschiede sowie Vor- und Nachteile des RLs gegenüber benachbarten Lösungsansätzen (z.B. modellprädiktive Regelung) benennen und erläutern,
- sich auf Basis der erlernten Methoden zur Analyse und Synthese von RL-Techniken in diesem Wissenschaftszweig selbständig weiterzubilden.

**Fachübergreifende Kompetenzen**

Die Studierenden

- können die erworbene Kenntnisse auf fachübergreifende Problemstellungen anwenden bzw. transferieren,
- haben programmierpraktische Erfahrungen gesammelt, welche sie domänenübergreifend nutzen können und
- sind in der Lage Methoden und Ergebnisse kritisch zu würdigen.

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain-specific competences</b> After attending the course, the students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• differentiate, apply and analyze basic RL methods,</li> <li>• name and explain differences as well as advantages and disadvantages of RL compared to neighboring approaches (e.g. model-predictive control),</li> <li>• educate themselves independently in this branch of science on the basis of the methods learned for the analysis and synthesis of RL techniques.</li> </ul> <p><b>Interdisciplinary competences</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• can apply or transfer the acquired knowledge to interdisciplinary problems,</li> <li>• have gained practical experience in programming which they can use across domains and</li> <li>• are able to critically evaluate methods and results.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b> Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Oliver Wallscheid</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Reinforcement Learning:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://en.ei.uni-paderborn.de/rat">https://en.ei.uni-paderborn.de/rat</a> <a href="https://github.com">https://github.com</a> (Open-Source Kursmaterialien)</p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Folienbasierte Vorlesung, welche ebenfalls als Skriptum dienen.</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern (mit vielen Programmieraufgaben)</li> </ul> <p><b>Kernliteratur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Richard S. Sutton, Andrew G. Barto, „Reinforcement Learning“, 2. Ed., MIT Press, 2018</li> <li>• David Silver, „Reinforcement Learning“ (Skriptum), University College London, 2015</li> </ul> <p><i>Remarks of course Reinforcement Learning:</i>  <b>Course homepage</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/lea/">https://ei.uni-paderborn.de/lea/</a> <a href="https://github.com">https://github.com</a> (open-source course material)</p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Slide-based lecture, which also serves as lecture notes.</li> <li>• Presence exercises with tutorial sheets (with many programming tasks)</li> </ul> <p><b>Main literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Richard S. Sutton, Andrew G. Barto, „Reinforcement Learning“, 2. Ed., MIT Press, 2018</li> <li>• David Silver, „Reinforcement Learning“ (Skriptum), University College London, 2015</li> </ul>

Robotik			
Robotics			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.23010	180	6	Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	en

## 2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>	
a)	L.048.23010 Robotik	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40	
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>	
a)	L.048.23010 Robotic	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40	
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Robotik:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Robotik:</i> None						
4	<b>Inhalte / Contents:</b>						
	<i>Inhalte der Lehrveranstaltung Robotik:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Die Lehrveranstaltung "Robotik" ist ein Grundlagenmodul im Katalog "Kognitive Systeme" des Masterstudiengangs Elektrotechnik und verwandter Studiengänge. Es ist der erste von zwei Kursen, die die relevanten Konzepte und Techniken im Bereich der Roboter manipulieren und mobilen Roboter abdecken. Dieser Kurs konzentriert sich auf die Modellierung und Steuerung von Roboterarmen, während sein Nachfolger im Wintersemester (Advanced Topics in Robotics (L.048.23020 / L.048.92006) sich auf mobile Roboter konzentriert. Die Herausforderungen für die Entwicklung autonomer intelligenter Systeme werden analysiert und die aktuellen Lösungen vorgestellt. <b>Inhalt</b> Der Kurs behandelt die folgenden Themen:						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensoren, Effektoren, Aktoren</li> <li>• Homogene Koordinaten, allgemeine Transformationen, Denavit-Hartenberg-Parameter</li> <li>• Kinematik und Dynamik von Roboterarmen und mobilen Robotern</li> </ul>						
	Nach der Vorstellung der Methoden in der Vorlesung werden die Studenten Matlab und Octave verwenden, um sie zu implementieren.						

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Robotik:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>The course “Robotics” is a fundamental module in the catalog “Cognitive Systems” of the Electrical Engineering Master’s program and related degree programs. It is the first of two courses that cover the relevant concepts and techniques in the field of robot manipulators and mobile robots. This course concentrates on modeling and controlling robot arms, while its successor in the winter semester (Advanced Topics in Robotics (L.048.23020 / L.048.92006) focuses on mobile robots. The challenges for the development of autonomous intelligent systems will be analyzed and the current solutions will be presented.</p> <p><b>Contents</b></p> <p>The course deals with the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensors, effectors, actuators</li> <li>• Homogenous coordinates, general transformations, Denavit-Hartenberg parameters</li> <li>• Kinematics and dynamics of robot arms and mobile robots</li> </ul> <p>After the presentation of methods in the lecture, the students will use Matlab and Octave to implement them.</p>										
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachliche Kompetenz:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können grundlegende Methoden aus der Steuerungs- und Systemtheorie auf die Robotik übertragen und</li> <li>• sind in der Lage, geeignete Methoden zur Modellierung sowie zur Planung und Steuerung der Bewegungen von Roboterarmen anzuwenden.</li> </ul> <p><b>Schlüsselqualifikationen:</b> Die Studierenden sind in der Lage, die Funktion der Roboterarme zu erkennen und zu bewerten.</p> <p><b>Domain competence:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• know how to transfer basic methods from control and system theory to robotics and</li> <li>• are able to apply adequate methods to model as well as plan and control the movements of robot arms.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students are able to identify and evaluate the function</p>										
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%								

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr. Bärbel Mertsching		
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Robotik:</i> <b>Lehrveranstaltungsseite</b> [ <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik</a> ] <b>Lernmaterialien</b> siehe PANDA ([ <a href="https://panda.uni-paderborn.de">https://panda.uni-paderborn.de</a> ]) <b>Literaturangeben (Auswahl)</b> <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>• Lynch, Kevin M. and Park, Frank C.: Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control. Cambridge University Press, 2017. ISBN-13 : 978-1107156302</li> </ul>		

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Robotik:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik">[http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik]</a>  <b>Course Documents</b>          see PANDA (<a href="https://panda.uni-paderborn.de">[https://panda.uni-paderborn.de]</a>)  <b>References (excerpt)</b></p> <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>• Lynch, Kevin M. and Park, Frank C.: Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control. Cambridge University Press, 2017. ISBN-13 : 978-1107156302</li> </ul>
--

Statistical and Machine Learning						
Statistical and Machine Learning						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.23012	180	6	Sommersemester summer term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	en			
<b>1</b>	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.23012 Statistical and Machine Learning	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.23012 Statistical and Machine Learning	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
<b>2</b>	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
Keine						
None						

## 2 Module im Masterstudiengang

3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Statistical and Machine Learning:</i>  <b>Empfohlen:</b> Vorkenntnisse aus der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale. Wünschenswert sind auch Programmierkenntnisse.</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Statistical and Machine Learning:</i>  <b>Recommended:</b> Elementary knowledge in probability theory, as is taught in the course Statistical Signal Processing. Basic programming skills are desirable.</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Statistical and Machine Learning:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b>  Die Veranstaltung "Statistical and Machine Learning" vermittelt einen Einblick in die Komponenten und Algorithmen von statistischen und maschinellen Lernverfahren. Es werden verschiedenste 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 Klassifikations- und Regressionsprobleme angewendet werden, sei es für eindimensionale Signale (z.B. Sprache), zweidimensionale (z.B. Bilder) oder symbolische Daten (z.B. Texte, Dokumente).</p> <p><b>Inhalt</b>  <i>Einführung in Klassifikationsverfahren, Bayes'sche und andere Entscheidungsregeln, Optimierungsverfahren: Gradientenabstieg, algorithmisches Differenzieren, Optimierung mit Randbedingung Lineare Klassifikatoren: Perzeptron, Support Vector Machines Tiefe Neuronale Netze Dimensionsreduktionsverfahren (PCA, LDA) Unüberwachte Lernverfahren (Mischungsverteilungen, Clusterverfahren)</i></p> <p><i>Contents of the course Statistical and Machine Learning:</i></p> <p><b>Short Description</b>  The course on Statistical and Machine Learning presents an introduction into the components and algorithms prevalent in statistical and machine learning. Modern techniques will be presented for gleaning information from data. Both supervised and unsupervised learning algorithms will be discussed. The presented techniques can be applied to a variety of classification and regression problems, both for one-dimensional input data (e.g., speech), two-dimensional (e.g., image) or symbolic input data (e.g., documents).</p> <p><b>Contents</b>  <i>Introduction to classification problems, Bayesian and other decision rules Optimization: gradient descent, algorithmic differentiation, optimization with constraints Linear classifiers, Support Vector Machines Deep neural networks (deep learning) Dimensionality reduction (PCA, LDA) Unsupervised learning (mixture densities, clustering techniques)</i></p>

5

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

**Fachkompetenz:**

Die Studierenden sind nach dem Besuch des Moduls in der Lage,

- Für ein vorgegebenes Klassifikations- oder Regressionsproblem eine geeignete Lösungsmethode auszuwählen
- Methoden des überwachten und unüberwachten Lernens auf neue Problemstellungen anzuwenden und die Ergebnisse des Lernens kritisch zu bewerten
- grundlegendes Verständnis von maschinellen Lernverfahren zu haben
- Programmbibliotheken zur Realisierung von Klassifikatoren (z.B. neuronale Netze, Support Vector Machines) sinnvoll anwenden und eigene Programme schreiben zu können
- Für eine vorgegebene Trainingsdatenmenge eine sinnvolle Wahl für die Dimension des Merkmalsvektors und die Komplexität des Klassifikators zu treffen zu können.

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

Die Studierenden

- Haben Fertigkeiten in Python erworben, die sie auch außerhalb dieser Anwendungsdomäne einsetzen können
- Haben ein Verständnis für das Prinzip der Parsimonität und können es auf andere Fragestellungen übertragen
- Können ein vorgegebenes Klassifikations- oder Regressionsproblem analysieren, eine Lösung synthetisieren und sie anschließend an Testdaten evaluieren
- 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
- Können die Leistungsfähigkeit, aber auch die Grenzen von maschinellen Lernverfahren bewerten

## 2 Module im Masterstudiengang

	<b>Domain competence:</b>	<p>After completion of the module students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Find an appropriate approach to solving a given classification or regression problem</li> <li>• Apply supervised or unsupervised learning techniques to data of various kinds and critically assess the outcome of the learning algorithms</li> <li>• Can appreciate the power and limitations of machine learning algorithms</li> <li>• Work with software for solving machine learning problems and write own software components, apply them to given data sets and optimize parameter settings</li> <li>• Find, for a given training set size, an appropriate choice of classifier complexity und feature vector dimensionality</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b></p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Have gathered sufficient proficiency in Python, which is valuable well beyond this course</li> <li>• Can assess the importance of the principle of parsimony and are able to transfer it to other</li> <li>• Are able to analyse a given classification or regression problem, synthesize a solution, and evaluate the performance on test data</li> <li>• Are able to apply the knowledge and skills learnt in this course to a wide range of disciplines</li> <li>• Can work cooperatively in a team and subdivide an overall task into manageable subtasks and work packages</li> <li>• Acquired a general understanding of the power and limitations of machine learning algorithms</li> </ul>										
6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)										
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%		
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote									
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%									
		<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)										
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td style="text-align: center;">120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%		
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade									
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%									
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>	keine none										
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>	Keine None										

## 2 Module im Masterstudiengang

9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Statistical and Machine Learning:</i></p> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/statistische-und-maschinelle-lernverfahren">https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/statistische-und-maschinelle-lernverfahren</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b>  <i>Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation</i> Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner *Praktische Übungen mit Python, in denen Studierende eigenständig Trainings- und Testdaten generieren, Lösungswege erarbeiten und Lernverfahren oder Klassifikatoren implementieren, testen, sowie Ergebnisse auswerten</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Lösungen der Übungsaufgaben und Beispielimplementierungen von Algorithmen werden zur Verfügung gestellt.  <i>R.O. Duda, P.E. Hart, D.G.~ Stork, Pattern Classification, Wiley, 2001</i> I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: Deep Learning, MIT Press, 2016 S. Theodoridis: Machine Learning, Academic Press, 2015 K. Fukunaga, Introduction to Statistical Pattern Recognition, Academic Press, 1990</p>

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Statistical and Machine Learning:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/en/statistical-and-machine-learning">https://ei.uni-paderborn.de/en/statistical-and-machine-learning</a></p> <p><b>Implementation</b>  <i>Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, occasional presentations of (powerpoint) slides , Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer *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</i></p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>            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  <i>R.O. Duda, P.E. Hart, D.G.~ Stork, Pattern Classification, Wiley, 2001 I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: Deep Learning, MIT Press, 2016 S. Theodoridis: Machine Learning, Academic Press, 2015 K. Fukunaga, Introduction to Statistical Pattern Recognition, Academic Press, 1990</i></p>
---

<b>Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel</b>						
Cognitive Systems Engineering - Special Topics						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.23019	180	6	Sommer- / Wintersemester summer- / winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de / en			
<b>1</b>	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.23019 Cognitive Systems Engineering - Special Topics	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
<b>2</b>	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	zwei aus drei Themenbereichen, siehe Punkt 4					

## 2 Module im Masterstudiengang

	two out of three topics, see point 4
3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:</i></p> <p><b>Empfohlen:</b> Interesse am Seminarthema und interdisziplinärer Arbeit.</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:</i></p> <p><b>Recommended:</b> Interest in the subject-matter and interdisciplinary work.</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p>Das Modul wird in drei Teilen angeboten. Es sind <b>zwei aus drei</b> Teilen zu wählen. Jeder Teil hat einen Umfang von 2 SWS .</p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:</i></p> <p><b>Teil A</b></p> <p>Auf die Sinnesorgane von Lebewesen treffen zu jedem Zeitpunkt eine sehr große Menge von Informationen ein, von denen nur ein kleiner Anteil bewusst verarbeitet werden kann. Unter visueller Aufmerksamkeit wird die Bündelung der verfügbaren kognitiven Ressourcen zur optimalen Verarbeitung visueller Stimuli verstanden. Das Seminar führt in die Modellierung und experimentelle Erforschung von visueller Aufmerksamkeit und die Übertragung auf intelligente technische Systeme ein. Hierbei wird gezeigt, wie über die Grenzen von Disziplinen hinweg, gemeinsam geforscht werden kann. Der Schwerpunkt liegt aktuell auf dem Thema Salienz. Die Veranstaltung findet immer im Wintersemester statt.</p> <p><b>Teil B</b></p> <p>Während unter "Sensation" die Signale aus der physikalischen Welt beschreiben, die unsere Sinnesrezeptoren erreichen, werden unter "Perzeption" die Prozesse verstanden, mit denen unser Gehirn die Signale auswählt, organisiert und interpretiert. Das Seminar vermittelt Studierenden technischer Studiengänge einen Überblick über die Grundlagen biologischer Sensorik und Wahrnehmung. Neben den spannenden und (teils nicht intuitiven) Hintergründen dieser Themen findet eine kritische Diskussion der Übertragbarkeit der biologischen Konzepte und Mechanismen auf technische Systeme statt. Dieses Seminar liegt immer im Sommersemester.</p> <p><b>Teil C</b></p> <p>In diesem Seminar werden aktuelle Zwischenberichte und Ergebnisse aus laufenden Bachelor- und Masterarbeiten, Forschungsvorhaben und Drittmittelprojekten aus dem Fachgebiet GETLab - Technische Kognitive Systeme vorgestellt. Weiterhin finden Vorträge von Gästen der Arbeitsgruppe statt. Das Seminar wird im Sommer- und im Wintersemester angeboten.</p>

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p>This module is offered in three parts. Students have to choose <b>two out of three</b>. Each part lasts two hours per week.</p> <p><i>Contents of the course Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:</i></p> <p><b>Part A</b></p> <p>At any given time, the sensory receptors of living beings are exposed to a very large amount of information, of which only a small proportion can be consciously processed. Visual attention is understood as the pooling of available cognitive resources for optimal processing of visual stimuli. The seminar introduces the modeling and experimental investigation of visual attention and the transfer to intelligent technical systems. It will be shown how research can be conducted jointly across disciplinary boundaries. The current focus is on the topic of saliency. The course always takes place in the winter semester.</p> <p><b>Part B</b></p> <p>While “sensation” describes the signals from the physical world that reach our sensory receptors, “perception” refers to the processes by which our brain selects, organizes, and interprets the signals. This seminar provides students in technical courses with an overview of the fundamentals of biological sensory systems and perception. In addition to the exciting and (sometimes non-intuitive) background of these topics, there will be a critical discussion of the transferability of biological concepts and mechanisms to technical systems. This seminar is always in the summer semester.</p> <p><b>Part C</b></p> <p>In this seminar, current interim reports and results from ongoing bachelor’s and master’s theses, research projects, and third-party funded projects from the GETLab - Technical Cognitive Systems department will be presented. Furthermore, there will be presentations by guests of the research group. The seminar is offered in the summer and winter semester.</p>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• können grundlegende Fragestellungen für den Entwurf und die Implementierung von technischen kognitiven Systemen benennen,</li><li>• sind in der Lage, technische kognitive Systeme zu verwenden und zu evaluieren und</li><li>• können einfache psychophysikalische Experimente interpretieren, entwerfen, durchführen und auswerten.</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• sind in der Lage Fachliteratur zu recherchieren,</li><li>• haben ein Verständnis für die fachspezifischen Forschungsansätze (Elektrotechnik / Informatik / Psychologie) entwickelt und</li><li>• haben ein kritisches Verständnis darüber, inwiefern die Nachahmung biologischer kognitiver Prozesse in technischen Systemen sinnvoll ist.</li></ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to name basic research topics related to the design and the implementation of technical cognitive systems,</li> <li>• can apply and evaluate technical cognitive systems, and</li> <li>• are able to understand, design, implement and evaluate basic psychophysical experiments.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to research and evaluate 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>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 882 1422 1090"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">zu</th> <th style="text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="text-align: center;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="text-align: center;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1158 1422 1368"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">zu</th> <th style="text-align: center;">Type of examination</th> <th style="text-align: center;">Duration or scope</th> <th style="text-align: center;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Bärbel Mertsching</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modul Homepage</b> [<a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse</a>]</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Literaturhinweise erfolgen an den ersten Terminen des Seminars.</p> <p><b>Module Homepage</b> [<a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse</a>]</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b> Literature references will be given at the first dates of the seminar.</p>

Topics in Audio, Speech and Language Processing						
Topics in Audio, Speech and Language Processing						
Modulnummer / Module number:	Workload (h):	Leistungspunkte / Credits:	Turnus / Regular Cycle:			
M.048.23021	180	6	Sommersemester summer term			
	Studiensemester / Semester number:	Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):	Sprache / Teaching Language:			
	1.-3. Semester	1	en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	Lehrveranstaltung	Lehr- form	Kontakt- zeit (h)	Selbst- studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen- größe (TN)
a)	L.048.23021 Topics in Audio, Speech and Language Processing	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.23021 Topics in Audio, Speech and Language Processing	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Topics in Audio, Speech and Language Processing:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Topics in Audio, Speech and Language Processing:</i> None					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Topics in Audio, Speech and Language Processing:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Die Veranstaltung „Topics in Audio, Speech, and Language Processing“ behandelt aktuelle Themen aus dem Bereich der Audio- und Sprachverarbeitung. Dabei stehen Methoden der Signalverarbeitung, des maschinellen Lernens und deren Zusammenspiel im Vordergrund. Die Auswahl orientiert sich dabei an aktuellen Forschungsthemen und variiert von Jahr zu Jahr. <b>Inhalt</b> Beispiele für solche Themen sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrkanalige Signalverarbeitung für Mikrofongruppen</li> <li>• Abtastratensynchronisation</li> <li>• Maschinelle Lernverfahren für die Sprachqualitätsverbesserung</li> <li>• Blinde Quellentrennung für Sprach- und Audiosignale</li> <li>• „Deep learning“ für die akustische und Sprachmodellierung in der automatischen Spracherkennung, etc.</li> <li>• Neuronale Architekturen für Spracherkennung, Sprachsynthese, maschinelles Übersetzen</li> <li>• Verarbeitung natürlicher Sprache</li> </ul>					

	<p><i>Contents of the course Topics in Audio, Speech and Language Processing:</i></p> <p><b>Short Description</b> The course „Topics in Audio, Speech, and Language Processing“ highlights current research topics in audio, speech, and language processing. From the methodological side we will discuss signal processing and machine learning aspects, and in particular their interaction, which is typical for many real-world applications. The selection of topics may change from year to year.</p> <p><b>Contents</b> Example topics are</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Multi-channel signal processing for microphone arrays</li><li>• Sampling rate synchronisation</li><li>• Machine learning for speech enhancement</li><li>• Blind source separation for speech and audio</li><li>• „Deep learning“ for acoustic and language modeling in automatic speech recognition</li><li>• Neural architectures für speech recognition, speech synthesis, machine translation, etc.</li><li>• Natural language processing</li></ul>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Bei erfolgreicher Teilnahme an der Lehrveranstaltung können Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Die Herausforderungen und realisierten Lösungen moderner Systeme für die Sprach- und Audioverarbeitung verstehen</li><li>• Die spezifischen Eigenschaften von Sprach- und Audiosignalen und von Texten erkennen und sie bei der Entwicklung geeigneter Signalverarbeitungs- und maschineller Lernverfahren berücksichtigen</li><li>• Den Spannungsbereich zwischen Leistungsfähigkeit, Komplexität und Latenz von Sprachverarbeitungsalgorithmen erkennen und geeignete Kompromisse finden</li><li>• Die kennengelernten Verfahren zur Signalverarbeitung und maschinellen Lernen auch auf andere Problemstellungen der Sprach- und Audioverarbeitung und darüber hinaus übertragen</li><li>• Aktuelle Veröffentlichungen aus den Bereichen Audio- und Sprachverarbeitung verstehen und deren Beitrag zu dem Forschungsgebiet einordnen</li></ul> <p><b>Domain competence:</b> After completion of the course the students</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Can assess the challenges and realized solutions of modern speech and audio processing systems</li><li>• Know the specific properties of speech, audio and language and know how those are exploited in specific signal processing and machine learning algorithms</li><li>• Understand the interplay of algorithmic performance, complexity and latency and identify appropriate operating points</li><li>• Apply the learnt signal processing and machine learning algorithms to other tasks in speech and audio processing, and beyond</li><li>• Understand current scientific literature in the field of audio, speech, and language processing and assess their importance for the field</li></ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)			
zu	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>Gewichtung für die Modulnote</b>	
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	
<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)				
zu	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>	
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%	
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none			
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None			
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.			
10	<b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b> Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).			
11	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik			
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach			
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> keine			

2 Module im Masterstudiengang

none
------

Topics in Pattern Recognition and Machine Learning						
Topics in Pattern Recognition and Machine Learning						
Modulnummer / Module number:	Workload (h):	Leistungspunkte / Credits:		Turnus / Regular Cycle:		
M.048.23018	180	6		Wintersemester winter term		
Studiensemester / Semester number:		Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):		Sprache / Teaching Language:		
1.-3. Semester		1		en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	Lehrveranstaltung	Lehr- form	Kontakt- zeit (h)	Selbst- studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen- größe (TN)
a)	L.048.23018 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	Course	form of teachin	contact- time (h)	self- study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.23018 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine					
	<i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Topics in Pattern Recognition and Machine Learning:</i>					
	<b>Empfohlen:</b> Vorkenntnisse aus dem Modul Statistische Signale. Wünschenswert, aber nicht notwendig sind Kenntnisse aus dem Modul Statistische Lernverfahren und Mustererkennung					
	None					
	<i>Prerequisites of course Topics in Pattern Recognition and Machine Learning:</i>					
	<b>Recommended:</b> Elementary knowledge in Probability Theory, as is taught in the course Statistical Signal Processing. Desirable, but not mandatory: knowledge in the field of statistical learning and pattern recognition					

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Topics in Pattern Recognition and Machine Learning:*

**Kurzbeschreibung**

In der Veranstaltung Topics in Pattern Recognition and Machine Learning 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
- Entscheidungsbäume, Modellkombination
- 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 Software umfassen.

**Inhalt**

- 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
- Entscheidungsbäume, Modellkombination
- Anwendungen in der Sprachverarbeitung
- Aktuelle Veröffentlichungen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen

*Contents of the course Topics in Pattern Recognition and Machine Learning:*

**Short Description**

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
- Graphical models
- Sequential data and hidden Markov models
- Decision trees, model combination
- 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 Software.

**Contents**

- 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
- Decision trees, model combination
- 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:**

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 einen 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

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

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

## 2 Module im Masterstudiengang

	<b>Domain competence:</b>	<p>After completion of the course students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Choose an appropriate classifier for a given classification problem and be able to learn the parameters of the classifier from training data</li> <li>• Choose an appropriate regression method for function approximation and learn its parameters from training data</li> <li>• Search for latent variables and structure in given data</li> <li>• Make an informative choice for the model order to find a good compromise between degree of detail and generalizability</li> <li>• Comprehend and analyze recent publications from the field of pattern recognition and machine learning</li> </ul>			
	<b>Key qualifications:</b>	<p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Have gathered an understanding of the importance of the chosen model order on the outcome of classification and regression tasks</li> <li>• Are aware of the impact of a priori assumptions on the result of latent variable and structure discovery in data</li> <li>• Are able to autonomously gain expertise in a certain field of pattern recognition by conducting a literature survey</li> <li>• Can gauge the importance of a given publication for the state of the art in a field</li> <li>• Are able to apply the knowledge and skills learnt in this course to a wide range of disciplines</li> </ul>			
6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)			
		zu	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>Gewichtung für die Modulnote</b>
		a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%
		<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
		zu	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>
		a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>	<p>keine none</p>			
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>	<p>Keine None</p>			

## 2 Module im Masterstudiengang

9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Topics in Pattern Recognition and Machine Learning:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/aktuelle-themen-aus-mustererkennung-und-ml">https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/aktuelle-themen-aus-mustererkennung-und-ml</a>  <b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegenderm Tafelinsatz, 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> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork, Pattern Classification, Wiley, 2001</li> <li>• K. Fukunaga, Introduction to Statistical Pattern Recognition, Academic Press, 1990</li> <li>• C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006</li> </ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

Remarks of course Topics in Pattern Recognition and Machine Learning:

### Course Homepage

<https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/topics-in-pattern-recognition-and-maschine-learning>

### Implementation

- Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, occasional presentations of (powerpoint) slides ,
- Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer
- Instructions how to read and analyze scientific publications in this field
- Autonomous analysis of publications and presentation of results and gained insight

### 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

### 2.4.3 Kommunikationstechnik

Katalogname / Name of catalogue	Kommunikationstechnik / Communications
Module / Modules	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik / Selected Topics of Theoretical Electrical Engineering</li> <li>* Digitale Sprachsignalverarbeitung / Digital Speech Signal Processing</li> <li>* Elektromagnetische Feldsimulation / Simulation of Electromagnetic Fields</li> <li>* Feldeberechnung mit der Randelementmethode / Field Computation Using Boundary Element Method</li> <li>* Hochfrequenztechnik / High Frequency Engineering</li> <li>* Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode / Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method</li> <li>* Optical Waveguide Theory / Optical Waveguide Theory</li> <li>* Optimale und adaptive Filter / Optimal and Adaptive Filters</li> <li>* Topics in Signal Processing / Topics in Signal Processing</li> <li>* Wireless Communications / Wireless Communications</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Hüb-Umbach, Reinhold, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6

## 2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue	Kommunikationstechnik / Communications
Lernziele / Learning objectives	<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>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.</p>

<b>Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik</b>			
Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering			
<b>Modulnummer / Module number:</b>  M.048.24023	<b>Workload (h):</b>  180	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>  6	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>  Sommer- / Wintersemester summer- / winter term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>  1.-3. Semester	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>  1	<b>Sprache / Teaching Language:</b>  de

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.24023 Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik	2V 2Ü, WS+SS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.24023 Selected Topics of Theoretical Electrical Engineering	2L 2Ex, WS+SS	60	120	C	40/40	
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:</i> <b>Empfohlen:</b> Vorkenntnisse aus dem Pflichtmodul Theoretische Elektrotechnik. None <i>Prerequisites of course Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:</i> <b>Recommended:</b> Basic knowledge from the compulsory module Theoretical Electrical Engineering						

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <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> <p><b>Inhalt</b> Die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik gliedert sich wie folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Theorie der Eigenwellen und deren Anwendung in der Streuparametertheorie</li><li>• Ez-Hz-Feldansatz für längshomogene Wellenleiterstrukturen</li><li>• Systembeschreibung mittels Streumatrizen</li><li>• Grundlagen der Mode-Matching-Methode</li><li>• Die Greensche Methode in der elektromagnetischen Feldtheorie</li><li>• Greensche Funktionen und deren Bestimmung</li><li>• Die Aperturfeldmethode in der Antennentheorie</li><li>• Lösung physikalischer Feldprobleme mittels Greenscher Funktionen</li></ul> <p><i>Contents of the course Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>The course Selected Topics of Theoretical Electrical Engineering extends and deepens the knowledge of electromagnetic wave propagation in free space and on waveguides acquired in the compulsory course Theoretical Electrical Engineering by selected topics. Based on the theory of longitudinally homogeneous waveguides, the system description by means of scattering parameters as well as the mode-matching method are practically motivated and treated in terms of wave theory. Another thematic focus is the Green's method for the mathematical solution of boundary value problems, which is derived in detail and applied to electromagnetic field problems.</p> <p><b>Contents</b></p> <p>The lecture Selected Topics of Theoretical Electrical Engineering is organized as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Theory of eigenwaves and its application in scattering parameter theory.</li><li>• Ez-Hz field approach for longitudinal homogeneous waveguide structures</li><li>• System description by means of scattering matrices</li><li>• Basics of the mode-matching method</li><li>• Green's method in electromagnetic field theory</li><li>• Green's functions and their determination</li><li>• The aperture field method in antenna theory</li><li>• Solution of physical field problems by means of Green's functions</li></ul>
---	---

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studenten sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <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> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studenten</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>Domain competence:</b> After attending the course, the student will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematically model simple physical field problems</li> <li>• transfer, apply, validate numerical methods on physical problems</li> <li>• to physically interpret and visualise the obtained results</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn to transfer the acquired skills also to other disciplines</li> <li>• extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the context of solving the exercises</li> <li>• learn strategies to acquire knowledge from literature and internet</li> </ul>								
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">zu</th> <th style="text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="text-align: center;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="text-align: center;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%						

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Dr.-Ing. Denis Sievers		
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:</i> <b>Lehrveranstaltungsseite</b> <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a> <b>Methodische Umsetzung</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</b> Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.		

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a></p> <p><b>Implementation</b> The theoretical concepts are presented in the form of a lecture, which also includes a large proportion of field visualizations. In the exercises, the theory is deepened by means of simple questions and calculation examples, which are solved independently during the presence exercises.</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>  Lecture slides and blackboard notes, additional recommended reading will be announced in lecture.</p>
---

<b>Digitale Sprachsignalverarbeitung</b>						
Digital Speech Signal Processing						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.24001	180	6	Sommersemester summer term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de / en			
<b>1</b>	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.24001 Digitale Sprachsignalver- arbeitung	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.24001 Digital Speech Signal Proces- sing	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
<b>2</b>	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
Keine						
None						

3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i>  <b>Empfohlen:</b> Vorkenntnisse aus dem Modul Höhere Mathematik.</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i>  <b>Recommended:</b> Prior knowledge from the module Higher Mathematics.</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i>  <b>Kurzbeschreibung</b>          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.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprechen und Hören</li> <li>• Spracherzeugung: menschliche Sprechorgane, Lautklassen, Quelle-Filter-Modell, Vocoder</li> <li>• Grundlagen Schallwellen</li> <li>• Hören: menschliches Hörorgan, Psychoakustik und Physiologie des Hörens, Lautheit, Verdeckung, Frequenzgruppen</li> <li>• Zeitdiskrete Signale und Systeme</li> <li>• Grundlagen: Elementare Signale, LTI-Systeme</li> <li>• Transformationen: Fouriertransformation zeitdiskreter Signale, DFT, FFT</li> <li>• Realisierung zeitdiskreter Filterung im Frequenzbereich: Overlap-Add, Overlap-Save</li> <li>• Statistische Sprachsignalanalyse</li> <li>• Grundlagen Wahrscheinlichkeitsrechnung</li> <li>• Kurzeitanalyse von Sprachsignalen: Spektrogramm, Cepstrum</li> <li>• Schätzung von Sprachsignalen</li> <li>• Optimale Filterung</li> <li>• LPC-Analyse</li> <li>• Spektrale Filterung zur Rauschunterdrückung</li> <li>• Adaptive Filterung: LMS Adaptionsalgorithmus, Echokompensation</li> <li>• Sprachcodierung</li> <li>• Signalformcodierung, parametrische Codierung, hybride Codiervverfahren</li> <li>• Codierung im Frequenzbereich</li> <li>• Amplitudenquantisierung: gleichförmige Quantisierung, Quantisierung mit Kompandierung (ulaw, alaw)</li> </ul>

*Contents of the course Digitale Sprachsignalverarbeitung:*

**Short Description**

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.

**Contents**

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

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

**Fachkompetenz:**

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

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

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

Die Studierenden

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

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analyze digital signals, e.g., audio signals, in the time or frequency domain,</li> <li>• represent audio signals efficiently and</li> <li>• implement widely-used algorithms for speech analysis and speech processing in the frequency or time domain.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to explain effects in real signals based on the theoretical knowledge,</li> <li>• are able to investigate theoretical approaches by a systematic analysis and</li> <li>• are, due to the precise treatment of the contents, in a position to continue their learning themselves</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)              <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)              <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)              <input type="checkbox"/> Module exam (MP)              <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b> Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Jörg Schmalenströer</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/digitale-sprachsignalverarbeitung">https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/digitale-sprachsignalverarbeitung</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <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> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte</p> <p><i>Remarks of course Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/digital-speech-signal-processing">https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/digital-speech-signal-processing</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures using the blackboard and presentations,</li> <li>• Alternating theoretical and practical exercise classes with exercise sheets and computer and</li> <li>• Demonstration of real technical systems in the lecture hall.</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b>          Allocation of a script; information on textbooks ; matlab scripts</p>

Elektromagnetische Feldsimulation			
Simulation of Electromagnetic Fields			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.24006	180	6	Sommer- / Wintersemester summer- / winter term

2 Module im Masterstudiengang

	<b>Studiensemester / Semester number:</b> 1.-3. Semester	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b> 1	<b>Sprache / Teaching Language:</b> de			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
a)	L.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation	2V 2Ü, WS+SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.24006 Simulation of Electromagnetic Fields	2L 2Ex, WS+SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation:</i> <b>Empfohlen:</b> Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Modulen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden. None <i>Prerequisites of course Elektromagnetische Feldsimulation:</i> <b>Recommended:</b> In-depth knowledge of electromagnetic field theory taught in the modules "Field Theory", "Electromagnetic Waves" and "Theoretical Electrical Engineering".					

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation:*

**Kurzbeschreibung**

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**

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)

*Contents of the course Elektromagnetische Feldsimulation:*

**Short description**

The course Electromagnetic Field Simulation offers an introduction to modern simulation methods for electromagnetic field problems. The focus is on the method Finite Integration (FIT), a modern, very efficient and successful approach from the class of grid-based methods. Field problems of statics, quasistatics and fast-varying fields (electromagnetic waves) with almost arbitrary material distribution can be treated. The modeling with FIT leads to algebraic matrix equations, whose solution is also discussed in an introductory way. In addition, some related methods such as finite differences and finite elements will be discussed. One of the aims of the course is to get to know and to be able to assess the possibilities and limitations of the discussed methods in practical use. In addition, the foundation is laid for further development of the algorithms in the context of scientific projects.

**Contents**

as follows

- Introduction
- Motivation
- Classification of solution methods
- Numerical approaches
- Fundamentals of the finite integration method
- Lattice Maxwell equations
- Properties of discretization matrices
- Boundary conditions
- Solution of electromagnetic field problems
- Static fields
- Time-varying fields
- Time-harmonic fields (frequency domain)
- Transient fields (time domain)

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</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 Finite Integrations Methode 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><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</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> <p><b>Specialized competence:</b> After attending the course, students will be able to,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• formulate complex electromagnetic field problems mathematically (modeling, analyzing)</li> <li>• to apply the Finite integration method to physical problems (apply, synthesize, evaluate)</li> <li>• visualize numerically obtained results and interpret them physically (Evaluate).</li> </ul> <p><b>Cross-disciplinary competencies:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn to apply the acquired knowledge and skills across disciplines,</li> <li>• expand their cooperation and teamwork skills as well as presentation skills when working on exercises</li> <li>• learn strategies for acquiring knowledge by studying literature and using the Internet,</li> <li>• acquire a subject-related foreign language competence</li> </ul>								
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1489 1422 1697"> <thead> <tr> <th data-bbox="277 1489 363 1585">zu</th> <th data-bbox="363 1489 975 1585">Prüfungsform</th> <th data-bbox="975 1489 1198 1585">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1198 1489 1422 1585">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="277 1585 363 1697">a)</td> <td data-bbox="363 1585 975 1697">Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td data-bbox="975 1585 1198 1697">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td data-bbox="1198 1585 1422 1697">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%						

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b> Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).		
11	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Dr.-Ing. Denis Sievers		
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation:</i> <b>Lehrveranstaltungsseite</b> <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a> <b>Methodische Umsetzung</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</b> Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb		

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Elektromagnetische Feldsimulation:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>  <b>Implementation</b>          The theoretical concepts are presented in the form of a lecture, and in the associated practical programming exercise, small Matlab programs are created for simple problems in simulation technology.  <b>Teaching Material, Literature</b>          Lecture slides and blackboard notes</p>
---

<b>Feldberechnung mit der Randelementmethode</b>						
Field Computation Using Boundary Element Method						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.24013	180	6		Sommer- / Wintersemester summer- / winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		de		
<b>1</b>	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.24013 Feldberechnung mit der Randelementmethode	2V 2Ü, WS+SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.24013 Field Computation Using Boundary Element Method	2L 2Ex, WS+SS	60	120	C	40/40
<b>2</b>	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine					
	None					

<p>3</p>	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode:</i></p> <p><b>Empfohlen:</b> Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Modulen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden.</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Feldberechnung mit der Randelementmethode:</i></p> <p><b>Recommended:</b> In-depth knowledge of electromagnetic field theory taught in the modules "Field Theory", "Electromagnetic Waves" and "Theoretical Electrical Engineering".</p>
<p>4</p>	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Im Mittelpunkt der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode steht ein Diskretisierungsverfahren, das bevorzugt in der Antennentechnik zur Lösung von Abstrahlungsproblemen sowie in der Radartechnik zur Analyse von Streuobjekten eingesetzt wird. Aus den numerisch ermittelten Ergebnissen sind schließlich wichtige Kenngrößen wie beispielsweise die Richtcharakteristik von Antennen oder der Rückstreuquerschnitt von Radarzielen ableitbar. Ziel der Vorlesung ist die Vermittlung des theoretischen Grundwissens über die Randelementmethode unter Berücksichtigung anwendungsbezogener Aspekte, wobei das Hauptaugenmerk auf den Einsatz in der Ingenieurspraxis gerichtet ist.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <p>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)</p>

	<p><i>Contents of the course Feldberechnung mit der Randelementmethode:</i></p> <p><b>Short description</b></p> <p>The course Field Calculation with the Boundary Element Method focuses on a discretization method which is preferably used in antenna technology for the solution of radiation problems as well as in radar technology for the analysis of scattering objects. From the numerically determined results, important parameters such as the directivity of antennas or the backscatter cross section of radar targets can be derived. The aim of the lecture is to impart the theoretical basic knowledge about the boundary element method under consideration of application-related aspects, with the main focus on the use in engineering practice.</p> <p><b>**Content</b></p> <p>The lecture Field Calculation with the Boundary Element Method is structured as follows: 1. introduction (motivation, mathematical basics) 2. integral equation method (representation formulas for electromagnetic fields, surface integral equations) 3. mathematical modeling (formulation of antenna, scattering and eigenvalue problems, excitation modes, calculation of backscattering cross sections and antenna parameters) 4. discretization by means of the method of moments (principle of projection methods, basis functions) 5. calculation of matrix contributions (numerical integration, treatment of singular integrals) 6. aspects of solving the discrete model problem (solution strategies, matrix compression methods)</p>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• komplexe elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)</li><li>• die Randelementmethode 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><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</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>

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Specialized competence:</b> After attending the course, students will be able to,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• formulate complex electromagnetic field problems mathematically (modeling, analyzing)</li> <li>• transfer, apply and test the boundary element method to physical problems (apply, synthesize, evaluate)</li> <li>• visualize numerically obtained results and interpret them physically (Evaluate).</li> </ul> <p><b>Cross-disciplinary competencies:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn to apply the acquired knowledge and skills across disciplines,</li> <li>• expand their cooperation and teamwork skills as well as presentation skills when working on exercises</li> <li>• learn strategies for acquiring knowledge by studying literature and using the Internet,</li> <li>• acquire a subject-related foreign language competence</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 882 1422 1088"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1158 1422 1364"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Denis Sievers</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://tet.upb.de/">http://tet.upb.de/</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</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</b>          Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <p><i>Remarks of course Feldberechnung mit der Randelementmethode:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://tet.upb.de/">http://tet.upb.de/</a></p> <p><b>Implementation</b>          The theoretical concepts will be presented in the form of a lecture accompanied by a practical programming exercise in which the algorithms presented will be implemented on a computer and tested using simple practical examples.</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>          Lecture slides and blackboard notes, additional recommended reading will be announced in lecture.</p>

Hochfrequenztechnik			
High Frequency Engineering			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.24007	180	6	Wintersemester winter term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	de / en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.24007 Hochfrequenztechnik	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.24007 High-Frequency Engineering	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Hochfrequenztechnik:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Hochfrequenztechnik:</i> None						
4	<b>Inhalte / Contents:</b>						
	<i>Inhalte der Lehrveranstaltung Hochfrequenztechnik:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Diese Vorlesung vermittelt anwendungsorientierte Kenntnisse in der Hochfrequenztechnik. Ferner werden Kenntnisse über aktive und passive Hochfrequenzschaltungen vermittelt. <b>Inhalt</b> 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 Digital-schaltungen zu berücksichtigen. Die Schwerpunkte der Veranstaltung sind passive Baugruppen, Hochfrequenzeigenschaften der Transistorgrundschaltungen, lineare und nichtlineare Verstärker, rauschende Mehrpole, Mischer, Oszillatoren, Synchronisation und Phasenregelschleife.						

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Hochfrequenztechnik:</i></p> <p><b>Short Description</b> This lecture gives application-oriented knowledge in high frequency engineering. Furthermore, it gives knowledge in active and passive high-frequency circuits.</p> <p><b>Contents</b> 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</p>										
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachliche Kompetenzen:</b> 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.</p> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p>**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.</p> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,</li> <li>• are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis and</li> <li>• are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves</li> </ul>										
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%								

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr. Reinhold Noé		

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Hochfrequenztechnik:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung</b>                  Vorlesung und Übung  <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>                  Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):</p> <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> <p><i>Remarks of course Hochfrequenztechnik:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a>  <b>Implementation</b>                  Lecture and exercise  <b>Teaching Material, Literature</b>                  Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</p> <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>
----	---

Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode			
Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.24018	180	6	Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	de / en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.24018 Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.24018 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:</i> <b>Empfohlen:</b> Gute Kenntnisse der Maxwellgleichungen, ihrer Eigenschaften und Lösungen auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen". Mathematische Grundkenntnisse in Differentialgleichungen und Vektoranalysis. None <i>Prerequisites of course Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:</i> <b>Recommended:</b> 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.						

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Die Veranstaltung bietet eine Einführung in die fortgeschrittene und leistungsfähige numerische Methode der Discontinuous Galerkin Methode im Zeitbereich. Mit dieser lassen sich zeit-räumliche Phänomene wie elektromagnetische Feldausbreitung und andere durch partielle Differentialgleichungen beschreibbare Effekte effizient simulieren.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung, Motivation</li><li>• Grundlagen der Discontinuous Galerkin Methode</li><li>• Linear Systeme</li><li>• Theoretische Grundlagen, Diskrete Stabilität</li><li>• Numerische Probleme, Stabilität</li><li>• Höhere Ordnungen, Globale Eigenschaften</li><li>• Simulation elektromagnetischer Felder</li></ul> <p><i>Contents of the course Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>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.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction, Motivation, History</li><li>• Basic elements of the Discontinuous Galerkin Method</li><li>• Linear systems * Theory foundation and discrete stability</li><li>• Nonlinear problems and properties</li><li>• Higher order, global problems</li><li>• Application to electromagnetic field simulation</li></ul>
---	---

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</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 Discontinuous Galerkin Methode 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><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</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> <p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the student will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematically model complex electromagnetic field problems</li> <li>• transfer, apply, validate the Discontinuous Galerkin method on physical problems</li> <li>• to physically interpret and visualise the obtained results</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn to transfer the acquired skills also to other disciplines</li> <li>• extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the context of solving the exercises</li> <li>• learn strategies to acquire knowledge from literature and internet</li> <li>• acquire a specialised foreign language competence</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1489 1422 1666"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td>90-150 min oder 20-30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1733 1422 1910"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Type of examination</th> <th>Duration or scope</th> <th>Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination</td> <td>90-150 min or 20-30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-150 min oder 20-30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination	90-150 min or 20-30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-150 min oder 20-30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination	90-150 min or 20-30 min	100%														

## 2 Module im Masterstudiengang

7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr. Yevgen Grynko</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:</i> <b>Methodische Umsetzung</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.</p> <p><i>Remarks of course Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:</i> <b>Implementation</b> The theoretical concepts are presented in form of a lecture. In the corresponding exercises simulation techniques are practised by writing or adapting small programs.</p>

### Optical Waveguide Theory

Optical Waveguide Theory

2 Module im Masterstudiengang

<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.24019	180	6		Sommersemester summer term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.24019 Optical Waveguide Theory	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.24019 Optical Waveguide Theory	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optical Waveguide Theory:</i> <b>Empfohlen:</b> Grundlagen der Elektrodynamik (auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen"), Mathematische Grundlagen (Bachelor Niveau). None <i>Prerequisites of course Optical Waveguide Theory:</i> <b>Recommended:</b> Bachelor-level knowledge in electrodynamics and mathematics as taught in the course Fields&Waves.					

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optical Waveguide Theory:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Dielektrische optische Wellenleiter sind Schlüsselemente heutiger integrierter optischer/photonischer Schaltkreise. Dieser Kurs bietet eine Einführung zur theoretischen Behandlung und eine Grundlage für weitergehende Modellierung, Simulation und Design von Wellenleitern.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Photonik, integrierte Optik, dielektrische Wellenleiter: Beispiele, Motivation.</li><li>• Kurze Wiederholung der benötigten mathematischen Hilfsmittel.</li><li>• Maxwellgleichung in verschiedenen Formulierungen, Klassen von Problemen.</li><li>• Normale Moden in dielektrischen optischen Wellenleitern, Orthogonalität, Vollständigkeit, Streumatrizen, reziproke Schaltkreise.</li><li>• Beispiele für dielektrische optische Wellenleiter (Mehrschichtsysteme, integriert-optische Kanäle, Glasfasern), gebogene Wellenleiter, Whispering-Gallery Moden.</li><li>• Coupled mode theory in konventioneller kodirektionaler, und hybrid analytischer/numerischer Variante, Störungstheorie für optische Wellenleiter.</li><li>• Optional: Behandlung von Randbedingungen, Anfangsbedingungen (Strahlpropagations-Methode), Wellenleiter-Diskontinuitäten (BEP/QUEP Simulationen), Photonische-Kristall-Wellenleiter und -Fasern, plasmonische Wellenleiter.</li></ul> <p><i>Contents of the course Optical Waveguide Theory:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>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.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Photonics / integrated optics, dielectric waveguides: introductory examples, motivation.</li><li>• Brush up on mathematical tools.</li><li>• Maxwell equations, survey of different formulations; classes of simulation tasks.</li><li>• Normal modes of dielectric optical waveguides, orthogonality, completeness, scattering matrices, reciprocal circuits.</li><li>• Examples for dielectric optical waveguides (multilayer slabs, integrated optical channels, fibers), bent waveguides, whispering gallery resonances.</li><li>• Coupled mode theory, conventional codirectional, and hybrid analytical / numerical variant, perturbations of optical waveguides.</li><li>• Optional, brief remarks on: boundary conditions, initial value problems (beam propagation method), waveguide discontinuities (BEP/QUEP simulations), photonic crystal waveguides &amp; fibers, plasmonic waveguides.</li></ul>
---	--

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systeme der integrierten Optik und Photonik mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)</li> <li>• analytische Lösungsmethoden und Näherungsverfahren zu identifizieren, anzuwenden und zu validieren (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)</li> <li>• die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu bewerten (Evaluieren)</li> <li>• theoretische Modelle für Systeme der integrierten Optik und Photonik zu entwickeln und deren Gültigkeit zu validieren (Synthetisieren, Evaluieren)</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen (Elemente der Elektrotechnik, Physik und Mathematik werden angesprochen),</li> <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><b>Domain competence:</b> After attending the course, the student will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to mathematically model electromagnetic field problems of systems in integrated optics and photonics</li> <li>• to identify, apply and verify appropriate analytical methods and approximation techniques</li> <li>• to physically interpret and visualise the obtained results</li> <li>• to extend, develop and validate theoretical models for integrated optics and photonics</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn to transfer the acquired skills also to other disciplines</li> <li>• extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the context of solving the exercises</li> <li>• learn strategies to acquire knowledge from literature and internet</li> <li>• acquire a specialised foreign language competence</li> </ul>								
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1711 1422 1921"> <thead> <tr> <th data-bbox="277 1711 363 1809">zu</th> <th data-bbox="363 1711 975 1809">Prüfungsform</th> <th data-bbox="975 1711 1198 1809">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1198 1711 1422 1809">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="277 1809 363 1921">a)</td> <td data-bbox="363 1809 975 1921">Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td data-bbox="975 1809 1198 1921">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td data-bbox="1198 1809 1422 1921">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%						

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Dr. Manfred Hammer		
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Optical Waveguide Theory:</i> <b>Lehrveranstaltungsseite</b> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/tet/">http://ei.uni-paderborn.de/tet/</a> <b>Methodische Umsetzung</b> Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert; Übungen und Hausaufgaben vertiefen und ergänzen die Theorie. <i>Remarks of course Optical Waveguide Theory:</i> <b>CourseHomepage</b> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/tet/">http://ei.uni-paderborn.de/tet/</a> <b>Implementation</b> The theoretical concepts will be presented as a lecture. The methods presented will be practiced in exercises classes and by means of homework assignments.		

2 Module im Masterstudiengang

Optimale und Adaptive Filter						
Optimal and Adaptive Filters						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.24010	180	6		Wintersemester winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		de / en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.24010 Optimale und Adaptive Filter	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.24010 Optimal and Adaptive Filters	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optimale und Adaptive Filter:</i> <b>Empfohlen:</b> Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Digitale Signalverarbeitung. None <i>Prerequisites of course Optimale und Adaptive Filter:</i> <b>Recommended:</b> Prior knowledge from the modules Higher Mathematics and Digital Signal Processing.					

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Optimale und Adaptive Filter:*

**Kurzbeschreibung**

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.

**Inhalt**

- 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

*Contents of the course Optimale und Adaptive Filter:*

**Short Description**

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.

**Contents**

- 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 adaptiv filters
- Realization aspects
- Statemodel 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:**

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.

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

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.

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analyze task on the field of adaptive filters and to formulate requirements mathematically,</li> <li>• develop filter using cost functions and</li> <li>• implement selected adaptive filters in the frequency or time domain.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to check theoretical results using practical realizations,</li> <li>• are able to undertake theoretical approaches a systematic analysis using methodical procedures and</li> <li>• are, due to the precise treatment of the contents, in a position to continue their learning themselves.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)              <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)              <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)              <input type="checkbox"/> Module exam (MP)              <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b> Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Jörg Schmalenströer</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Optimale und Adaptive Filter:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/optimale-und-adaptive-filter">https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/optimale-und-adaptive-filter</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <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> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte</p> <p><i>Remarks of course Optimale und Adaptive Filter:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/optimal-and-adaptive-filter">https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/optimal-and-adaptive-filter</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures using the blackboard and presentations,</li> <li>• Alternating theoretical and practical exercises classes with exercise sheets and computer and</li> <li>• Demonstration of real technical systems in the lecture hall.</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b>          Allocation of a script; information on textbooks; matlab scripts</p>

Topics in Signal Processing			
Topics in Signal Processing			
Modulnummer / Module number:	Workload (h):	Leistungspunkte / Credits:	Turnus / Regular Cycle:
M.048.24017	180	6	Wintersemester winter term

2 Module im Masterstudiengang

	<b>Studiensemester / Semester number:</b> 1.-3. Semester	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b> 1	<b>Sprache / Teaching Language:</b> en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
a)	L.048.24017 Topics in Signal Processing	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.24017 Topics in Signal Processing	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing:</i> <b>Empfohlen:</b> Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra. None <i>Prerequisites of course Topics in Signal Processing:</i> <b>Recommended:</b> Signal and system theory, at least a basic understanding of probability and linear algebra.					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing:</i> <b>Kurzbeschreibung</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. <b>Inhalt</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.					

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Topics in Signal Processing:</i></p> <p><b>Short Description</b>  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.</p> <p><b>Contents</b>  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.</p>																		
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>In diesem Modul werden Studenten mit aktuellen Forschungsthemen in der Signalverarbeitung vertraut gemacht. Studenten lernen, wissenschaftliche Veröffentlichungen zu verstehen und kritisch zu bewerten. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden.</p> <p>In this module, 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.</p>																		
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 20%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote																
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%																
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade																
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%																
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																		
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>																		
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																		

## 2 Module im Masterstudiengang

10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Peter Schreier</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://sst.upb.de">http://sst.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung</b>          Vorlesung und Übung mit aktiver Beteiligung der Studenten, Präsentationen von Studenten  <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.</p> <p><i>Remarks of course Topics in Signal Processing:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://sst.upb.de">http://sst.upb.de</a>  <b>Implementation</b>          Lectures and tutorials with active student participation, student presentations  <b>Teaching Material, Literature</b>          References will be given in the first lecture.</p>

<b>Wireless Communications</b>			
Wireless Communications			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.24004	180	6	Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.24004 Wireless Communications	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.24004 Wireless Communications	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Wireless Communications:</i> <b>Empfohlen:</b> Wünschenswert, jedoch nicht notwendig, sind Grundkenntnisse in digitalen Übertragungsverfahren, wie sie beispielsweise in Fach Nachrichtentechnik gelehrt werden. None <i>Prerequisites of course Wireless Communications:</i> <b>Recommended:</b> Some basic knowledge in digital communication systems.						

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Wireless Communications:*

Die Veranstaltung 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:

- Zeitdiversität: Maximum Ratio Combiner, Fehlerratenberechnung für kohärenten und inkohärenten Empfang, Verschachtelung
- Antennendiversität: SIMO, MISO und MIMO-Techniken
- Frequenzdiversität für frequenzselektive Kanäle: Einträgerverfahren mit Sequenzdetektion, Bandspreizverfahren, Mehrträgerübertragung

Dabei wird Wert gelegt auf eine anschauliche Herleitung der Empfängerprinzipien als Operationen in einem linearen Vektorraum. Außerdem wird ein Einblick in aktuelle zelluläre Funkkommunikationssysteme gegeben.

Inhaltsverzeichnis

- Pulsamplitudenmodulation und orthogonale Multipulsmodulation
- Optimaler Empfänger
- Kanalmodelle für den Mobilfunk
- Behandlung von Intersymbolinterferenzen
- Fehlerrate auf nichtfrequenzselektivem Rayleighkanal
- Zeit-, Raum- und Frequenzdiversität
- Kanalcodierung
- Aktuelle zelluläre Mobilfunksysteme

## 2 Module im Masterstudiengang

### *Contents of the course Wireless Communications:*

The course provides students with an insight into the techniques for reliable communication via time and/or frequency selective radio channels. To this end, the physical and statistical modeling of the radio channel is first presented, which forms the basis for understanding the transmission methods adapted to these channel conditions. Then, the main transmission and reception principles are presented, in particular the different diversity schemes:

- Time diversity: maximum ratio combiner, error rate calculation for coherent and incoherent reception, interleaving.
- Antenna diversity: SIMO, MISO and MIMO techniques
- Frequency diversity for frequency selective channels: Single-carrier techniques with sequence detection, band-spreading techniques, multicarrier transmission.

Emphasis will be placed on an illustrative derivation of the receiver principles as operations in a linear vector space. In addition, an insight into current cellular radio communication systems is given.

#### Table of contents

- Pulse amplitude modulation and orthogonal multi-pulse modulation
- Optimal detection
- Channel models for mobile radio
- Treatment of intersymbol interference
- Error rate on frequency nonselective Rayleigh Fading channel
- Diversity schemes: time, space, and frequency diversity
- Channel coding
- Cellular systems

5

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

**Fachkompetenz:**

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 (Python) zu simulieren und zu analysieren

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

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

## 2 Module im Masterstudiengang

	<b>Domain competence:</b>	<p>After completion of the course students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Develop a discrete-time statistical channel model for a given physical description of a wireless communication channel</li> <li>• Explain the techniques and algorithms used in the Physical Layer of a wireless communication system</li> <li>• Understand the fundamental design options and decisions taken to realize reliable communication over time variant and frequency selective or nonselective fading channel</li> <li>• Appreciate and categorize the techniques used in modern cellular communication systems to realize reliable communication</li> <li>• 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</li> <li>• Select and design an appropriate transmission technique for a wireless channel</li> <li>• Simulate and analyze simple communication systems using modern software tools</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Can transfer and apply the concept of linear vector spaces to signal processing tasks other than for wireless communications</li> <li>• 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</li> <li>• Can work cooperatively in a team and subdivide an overall task into manageable subtasks and work packages</li> </ul>									
6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)									
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%								
		<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)									
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td style="text-align: center;">120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%	
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade								
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%								
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>	keine none									
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>	Keine									

## 2 Module im Masterstudiengang

	None
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Wireless Communications:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/wireless-communications">https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/wireless-communications</a>          Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Bereitstellung vorgefertigter Vorlesungsfolien. Lösungen der Übungsaufgaben und Beispielimplementierungen von Algorithmen werden zur Verfügung gestellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Häb-Umbach, Reinhold: Wireless Communications (Lecture notes)</li> <li>• D. Tse: Fundamentals of Wireless Communications, Cambridge University Press, 2006</li> <li>• K.D. Kammeyer: Nachrichtenübertragung, Teubner, 2004</li> <li>• P. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Springer/Vieweg 2013</li> </ul> <p><i>Remarks of course Wireless Communications:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/wireless-communications">https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/wireless-communications</a>          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</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Häb-Umbach, Reinhold: Wireless Communications (Lecture notes)</li> <li>• D. Tse: Fundamentals of Wireless Communications, Cambridge University Press, 2006</li> <li>• K.D. Kammeyer: Nachrichtenuübertragung, Teubner, 2004</li> <li>• P. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Springer/Vieweg 2013</li> </ul>

### 2.4.4 Mikroelektronik

## 2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue	Mikroelektronik / Micro Electronics
Module / Modules	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Advanced VLSI Design / Advanced VLSI Design</li> <li>* Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip / Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip</li> <li>* Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits / Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</li> <li>* Analoge CMOS-Schaltkreise / Analog CMOS ICs</li> <li>* Hochfrequenzleistungsverstärker / Radio Frequency Power Amplifiers</li> <li>* Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation / Integrated Circuits for Wireless Communications</li> <li>* RFID-Funketiketten Aufbau und Funktion / RFID Transponders</li> <li>* Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation / Fast Integrated Circuits for Wireline Communications</li> <li>* Signalintegrität und Elektromagnetische Verträglichkeit beim Leiterplattenentwurf / Signal integrity and electromagnetic compatibility in circuit board design</li> <li>* Technologie hochintegrierter Schaltungen / Technology of highly integrated circuits</li> <li>* Test hochintegrierter Schaltungen / VLSI Testing</li> <li>* Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen) / Application and theory of phase-locked loops (PLL Systems)</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Hilleringmann, Ulrich, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	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.

2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue Mikroelektronik / Micro Electronics

Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur problemorientierten Auswahl geeigneter Modelle zur Veranschaulichung und Simulation und die Fähigkeit zur Beurteilung logischer Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessteilen.

<b>Advanced VLSI Design</b>						
Advanced VLSI Design						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.25021	180	6		Sommersemester summer term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.25021 Advanced VLSI Design	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.25021 Advanced VLSI Design	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine  <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced VLSI Design:</i> <b>Empfohlen:</b> Grundlagen der Digitaltechnik / Grundlagen des VLSI-Entwurfs					

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Advanced VLSI Design:</i>  <b>Recommended:</b> Fundamentals of Digital Circuits / Fundamentals of VLSI Design</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced VLSI Design:</i>  <b>Kurzbeschreibung</b>          Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über die moderne anwendungsorientierte Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese digitaler Systeme auf verschiedenen Abstraktionsebenen bis hin zum Chip-Layout.</p> <p><b>Inhalt</b>          Der Chipentwurf besteht in der heutigen Praxis aus der kombinierten Anwendung verschiedener Sprachen, Methoden und Werkzeuge zur Modellierung, Simulation und Synthese elektronischer Schaltungen. Entlang des modernen abstraktionsebenenbasierten Entwurfsflusses digitaler Systeme (Elektronische System Ebene bis hin zum Chiplayout) vermittelt die Veranstaltung grundlegendes Wissen der wesentlichen Beschreibungssprachen und ihrer Anwendung in Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese. Dies umfasst Grundprinzipien und Anwendung der IEEE Standard-System/Hardwarebeschreibungssprachen SystemVerilog, SystemC, Verilog und VHDL in Verbindung mit zusätzlichen Formaten wie z.B. SDF und UPF zur Annotation des Zeit- und Leistungsverhaltens. In der Anwendung werden die wesentlichen Prinzipien von Testumgebungen zur Simulation, der Zeit- und Leistungsanalyse, der Logiksynthese und des physikalischen Entwurfs digitaler Schaltungen. Die Übungen begleiten die Veranstaltung unter Verwendung kommerzieller Werkzeuge von Mentor Graphics, Synopsys und Cadence Design Systems.</p> <p><i>Contents of the course Advanced VLSI Design:</i>  <b>Short Description</b>          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.</p> <p><b>Contents</b>          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.</p>

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz</b> Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache digitale Schaltungen auf verschiedenen Abstraktionsebenen zu modellieren, zu simulieren, zu analysieren und zu synthetisieren und</li> <li>• die wichtigsten kommerziellen Werkzeuge in der Simulation, Analyse und Synthese digitaler Schaltungen anzuwenden.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden sind nach Besuch der Veranstaltung in der Lage</p> <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><b>Domain competence:</b> After the course students are able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to model, simulate, analyze and synthesize simple digital circuits at different abstraction levels and</li> <li>• to apply the most important commercial tools for simulation, analysis and synthesis of digital circuits.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> After the course students are able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to assess, select and apply modern digital circuit description languages for their different applications,</li> <li>• apply the different methods and tools in the modern VLSI design.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 20%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														

## 2 Module im Masterstudiengang

7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>apl. Prof. Dr. Wolfgang Müller</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced VLSI Design:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</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</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Beamer und White-Board</li> <li>• Übungen mit Übungsblättern am Computer</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <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> </ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Advanced VLSI Design:</i></p> <p><b>Course 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></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture with LCD projector and white board</li> <li>• Exercises with assignments and hands-on labs</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes and exercise sheets will be provided via PAUL</li> <li>• IEEE standard reference manuals: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497</li> <li>• Specific references for individual teaching units</li> </ul>
--

<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>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.25016	180	6		Sommer- / Wintersemester summer- / winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		en		
<b>1</b>	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.25016 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip	2V 2Ü, WS+SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.25016 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip	2L 2Ex, WS+SS	60	120	C	40/40
<b>2</b>	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine					

## 2 Module im Masterstudiengang

	None
3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:</i></p> <p><b>Empfohlen:</b> VLSI Testing, (Introduction to Algorithms)</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:</i></p> <p><b>Recommended:</b> VLSI Testing, (Introduction to Algorithms)</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Die Lehrveranstaltung "Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip" befasst sich mit aktuellen Ansätzen zum Test und zur Diagnose von integrierten Systemen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Algorithmen und Werkzeugen zur rechnergestützten Vorbereitung und Durchführung von Test und Diagnose.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <p>Unter anderem werden die folgenden Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezielle Verfahren für den eingebauten Selbsttest und für den eingebetteten Test</li> <li>• Eingebaute Diagnose</li> <li>• Test robuster und selbstadaptiver Systeme</li> <li>• Adaptives Testen</li> </ul> <p><i>Contents of the course Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>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.</p> <p><b>Contents</b></p> <p>Topics include but are not restricted to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced techniques for built-in self-test and embedded test</li> <li>• Built-in diagnosis</li> <li>• Test of robust and self-adaptive systems</li> <li>• Adaptive Testing</li> </ul>

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> 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><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden sind in der Lage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ihre Grundkenntnisse zum Studium und Verständnis neuer Ansätze aus der aktuellen Literatur anzuwenden,</li> <li>• die neuen Inhalte in einem konferenzähnlichen Vortrag zu präsentieren und</li> <li>• die neuen Inhalte in einem wissenschaftlichen Manuskript zu beschreiben.</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to describe recent approaches in test and diagnosis,</li> <li>• to explain and apply the underlying models and algorithms,</li> <li>• to explain the specific challenges of nanoscale integration and evaluate test strategies accordingly.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> D The students are able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to apply their basic knowledge for studying and understanding new approaches from the state of the art literature,</li> <li>• to present the new contents in a conference style presentation, and</li> <li>• to describe the new contents in a scientific manuscript.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1361 1422 1572"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1639 1422 1850"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Type of examination</th> <th>Duration or scope</th> <th>Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	none
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Sybille Hellebrand</p>

13

**Sonstige Hinweise / Other Notes:**

*Hinweise der Lehrveranstaltung Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:*

---

**ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS**

Die Lehrveranstaltung findet im SoSe 2024 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet

---

**Lehrveranstaltungsseite**

<https://ei.uni-paderborn.de/date/lehre/uebersicht>

**Methodische Umsetzung**

- Vorlesung mit Beamer und Tafel
- Selbstständige Ausarbeitung neuer Inhalte anhand aktueller Literatur
- Präsentation der neuen Inhalte im Rahmen eines Fachvortrags und
- Schriftliche Ausarbeitung

**Lernmaterialien, Literaturangaben**

- Vorlesungsfolien
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen panda-Kurs
- 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.)

## 2 Module im Masterstudiengang

*Remarks of course Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:*

---

### **ATTENTION - IMPORTANT NOTICE**

The course doesn't take place in summer term 2024. Please see the notice boards of the group.

---

### **Course Homepage**

<https://ei.uni-paderborn.de/en/electrical-engineering/date/teaching/electrical-engineering/overview>

### **Implementation**

- Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard
- Self-study on recent approaches based on recent conference and journal publications
- Oral presentation
- Manuscript

### **Teaching Material, Literature**

- Lecture slides
- Additional material can be found in panda
- 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.)

<b>Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</b>			
Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.079.4010	180	6	Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.079.40101 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits	V3 Ü2, SS	75	105	P	30
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)		V3 Ü2, SS	75	105	C	30
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	<p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i> Empfohlen: Kenntnisse aus Digitaltechnik sind hilfreich.</p> <p><i>Prerequisites of course Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i> Recommended: Knowledge of "Digital Design" is beneficial.</p>						
4	<b>Inhalte / Contents:</b>						
	<p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i> Die Veranstaltung behandelt die wesentlichen Schritte bei der Synthese digitaler Schaltungen und geht speziell auf die Übersetzung von Beschreibungen in Hardwarebeschreibungssprachen in Schaltungen ein. Weiterhin werden die wichtigsten Techniken für die Logikoptimierung diskutiert. In praktischen Übungen wird die effiziente Verwendung von Entwurfswerkzeugen geübt.</p> <p><i>Contents of the course Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</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.</p>						

## 2 Module im Masterstudiengang

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zwischen den verfügbaren Optimierungsmethoden für den digitalen Schaltungsentwurf auszuwählen,</li> <li>• die wesentlichen Probleme bei Entwurf integrierter Schaltungen zu identifizieren und die Tradeoffs beim Schaltungsentwurf zu erkennen, und</li> <li>• aktuelle Werkzeuge für den digitalen Schaltungsentwurf zu bewerten.</li> </ul> <p>After attending the course, the students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• select among the available optimization methods in design of digital circuits,</li> <li>• identify major problems in design of integrated circuits and recognize circuit design tradeoffs</li> <li>• examine current digital design tools and methods</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)              <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)              <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)       </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 5px;"> <thead> <tr style="background-color: #f2f2f2;"> <th style="width: 10%; text-align: center;">zu</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td style="text-align: center;">90-120 min oder 30-45 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.</p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)              <input type="checkbox"/> Module exam (MP)              <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)       </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 5px;"> <thead> <tr style="background-color: #f2f2f2;"> <th style="width: 10%; text-align: center;">zu</th> <th style="width: 40%; text-align: center;">Type of examination</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%; text-align: center;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination</td> <td style="text-align: center;">90-120 min or 30-45 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Within the first three weeks of the lecture period each respective lecturer will specify the manner in which the examination will be conducted.</p>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min oder 30-45 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination	90-120 min or 30-45 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min oder 30-45 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination	90-120 min or 30-45 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr. Hassan Ghasemzadeh Mohammadi</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i> <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien und Übungsblätter</li> <li>• Aufgabenblätter und technische Dokumentation für die Rechnerübungen</li> <li>• Micheli, Giovanni De. Synthesis and optimization of digital circuits. McGraw-Hill Higher Education, 1994.</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf alternative und ergänzende Literatur, sowie Lehrmaterialien auf der Webseite und in den Vorlesungsfolien</li> </ul> <p><i>Remarks of course Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i> <b>Learning material, literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture slides and exercise sheets</li> <li>• Exercise sheets and technical documentation for the for the computer-based exercises</li> <li>• Micheli, Giovanni De. Synthesis and optimization of digital circuits. McGraw-Hill Higher Education, 1994.</li> <li>• Information about alternative and additional literature as well as teaching material on the course's website and in the lecture slides</li> </ul>

Analoge CMOS-Schaltkreise			
Analog CMOS ICs			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.25008	180	6	Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	de / en

2 Module im Masterstudiengang

1	<p><b>Modulstruktur / Module structure:</b></p> <table border="1" data-bbox="279 331 1425 584"> <thead> <tr> <th></th> <th>Lehrveranstaltung</th> <th>Lehrform</th> <th>Kontaktzeit (h)</th> <th>Selbststudium (h)</th> <th>Status (P/WP)</th> <th>Gruppengröße (TN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>L.048.25008 Analoge CMOS-Schaltkreise</td> <td>2V 2Ü, SS</td> <td>60</td> <td>120</td> <td>P</td> <td>40/40</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="279 600 1425 857"> <thead> <tr> <th></th> <th>Course</th> <th>form of teaching</th> <th>contact-time (h)</th> <th>self-study (h)</th> <th>status (C/CE)</th> <th>group size (TN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>L.048.25008 Analog CMOS ICs</td> <td>2L 2Ex, SS</td> <td>60</td> <td>120</td> <td>C</td> <td>40/40</td> </tr> </tbody> </table>		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)	a)	L.048.25008 Analoge CMOS-Schaltkreise	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40		Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)	a)	L.048.25008 Analog CMOS ICs	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)																							
a)	L.048.25008 Analoge CMOS-Schaltkreise	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40																							
	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)																							
a)	L.048.25008 Analog CMOS ICs	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40																							
2	<p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b></p> <p>Keine None</p>																												
3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Analoge CMOS-Schaltkreise:</i>  <b>Empfohlen:</b> Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie und Systemtheorie.</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Analoge CMOS-Schaltkreise:</i>  <b>Recommended:</b> Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electrical Engineering, Materials of Electrical Engineering, Semiconductor Devices, Signal Theory, System Theory.</p>																												
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Analoge CMOS-Schaltkreise:</i>  <b>**Kurzbeschreibung</b>          Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse zur analogen Transistorschaltungstechnik mit besonderem Bezug zur CMOS-Technologie.</p> <p><b>Inhalt</b>          Auf der Grundlage der vereinfachten sowie der erweiterten Kennlinientheorie des MOS-Transistors werden analoge Verstärkerschaltungen vorgestellt und zunächst hinsichtlich des Gleichstromverhaltens analysiert. Anschließend werden das Frequenzverhalten, das Rauschen, die Wirkung von Rückkopplungen, die Stabilität, die Nichtlinearität sowie die Auswirkungen fertigungstechnisch bedingter Asymmetrien betrachtet. Als weitere Schaltungen werden Oszillatoren, Referenzspannungsquellen und geschaltete Kapazitäten diskutiert. Die Lehrveranstaltung schließt mit Betrachtungen zur Modellierung und zum Layout der grundlegenden Bauelemente.</p>																												

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Analoge CMOS-Schaltkreise:</i></p> <p><b>Short Description</b> The course provides basic knowledge on analogue circuit technology with particular regard to complementary MOS transistors.</p> <p><b>Contents</b> 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.</p>										
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Verhalten von analogen Schaltungen mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren</li> <li>• und das so erworbene Wissen kreativ beim Schaltungsentwurf einzusetzen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,</li> <li>• festigen erworbenes Grundlagenwissen durch Übung,</li> <li>• entwickeln so ihre kreativen Fähigkeiten weiter</li> <li>• und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analyse the characteristics of analogue circuits using scientific methods</li> <li>• and can make creative use of the acquired knowledge in the circuit design process.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• make use of methodic knowledge for systematic problem analysis,</li> <li>• consolidate their basic knowledge by practical training,</li> <li>• enhance their creative abilities,</li> <li>• and gain foreign language competences related to the field.</li> </ul>										
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; text-align: center;">zu</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%								

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr. Andreas Thiede		

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Analoge CMOS-Schaltkreise:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <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> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>  A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Vorlesungsskript Universität Paderborn A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Lecture Script University Paderborn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Razavi, B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw Hill. 2001</li> </ul> <p><i>Remarks of course Analoge CMOS-Schaltkreise:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://groups.upb.de/hfe/teaching/acc.html">http://groups.upb.de/hfe/teaching/acc.html</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies,</li> <li>• Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher.</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b>  A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Vorlesungsskript Universität Paderborn A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Lecture Script University Paderborn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Razavi, B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw Hill. 2001</li> </ul>
----	---

Hochfrequenzleistungsverstärker			
Radio Frequency Power Amplifiers			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.25015	180	6	Wintersemester winter term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	de / en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.25015 Hochfrequenzleistungsverstärker	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.25015 Radio Frequency Power Amplifiers	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Hochfrequenzleistungsverstärker:</i> <b>Empfohlen:</b> Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie und Systemtheorie, Hochfrequenzelektronik. None <i>Prerequisites of course Hochfrequenzleistungsverstärker:</i> <b>Recommended:</b> 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.						
4	<b>Inhalte / Contents:</b>						
	<i>Inhalte der Lehrveranstaltung Hochfrequenzleistungsverstärker:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über den Entwurf integrierter Hochfrequenzleistungsverstärker insbesondere für Anwendungen in der Mobilkommunikation und der Sensorik. <b>Inhalt</b> 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.						

	<p><i>Contents of the course Hochfrequenzleistungsverstärker:</i></p> <p><b>Short Description</b> The course provides basic knowledge on the design of integrated RF power amplifiers, in particular for mobile communication and sensor applications.</p> <p><b>Contents</b> 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.</p>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• das Verhalten von nichtlinearen Verstärkern zu beschreiben und analysieren,</li><li>• die verschiedenen Verstärkerklassen zu unterscheiden, zielgerichtet einzusetzen und zu dimensionieren,</li><li>• geeignete Maßnahmen zur Verbesserung des Wirkungsgrades sowie der Linearität zu ergreifen</li><li>• und die für konkrete Problemstellungen geeignetste Halbleitertechnologie auswählen.</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,</li><li>• beziehen in komplexe Optimierungsprobleme auch fertigungstechnische und ökonomische Aspekte ein,</li><li>• lernen das industrieübliche CAD-System ADS kennen</li><li>• und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.</li></ul> <p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• describe and analyse the performance of non-linear amplifiers,</li><li>• distinguish, make dedicated use, and dimension power amplifiers of different classes,</li><li>• take effective measures for efficiency enhancement and linearization,</li><li>• and to select appropriate semiconductor fabricated technologies for given problems.</li></ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• can make use of methodic knowledge for systematic problem analysis,</li><li>• include aspects of fabrication technology and economy into complex optimization problems,</li><li>• get familiar with the CAD system ADS, which is commonly used in industry</li><li>• and gain foreign language competences related to the field.</li></ul>

2 Module im Masterstudiengang

6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>		
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)		
	<b>zu</b>	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min
	<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)		
	<b>zu</b>	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>
	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>		
	keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>		
	Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b>		
	Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b>		
	BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>		
	Prof. Dr. Andreas Thiede		

## 2 Module im Masterstudiengang

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Hochfrequenzleistungsverstärker:</i></p> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/acc.html</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <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> </ul> <p>**Lernmaterialien, Literaturangaben  A. Thiede, RF Power Amplifiers, Vorlesungsskript Universität Paderborn  A. Thiede, RF Power Amplifiers, Lecture Script University Paderborn  Steve C. Cripps, RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Artech House, 1999  Stephen A. Maas, Nonlinear Microwave and RF Circuits, Artech House, 1997</p> <p><i>Remarks of course Hochfrequenzleistungsverstärker:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://groups.uni-paderborn.de/hfe/teaching/acc.html">http://groups.uni-paderborn.de/hfe/teaching/acc.html</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies</li> <li>• Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher, and partially using CAD software.</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b>  A. Thiede, RF Power Amplifiers, Vorlesungsskript Universität Paderborn  A. Thiede, RF Power Amplifiers, Lecture Script University Paderborn  Steve C. Cripps, RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Artech House, 1999  Stephen A. Maas, Nonlinear Microwave and RF Circuits, Artech House, 1997</p>
----	---

<b>Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation</b>			
Integrated Circuits for Wireless Communications			
<b>Modulnummer / Module number:</b>  M.048.25017	<b>Workload (h):</b>  180	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>  6	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>  Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>  1.-3. Semester	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>  1	<b>Sprache / Teaching Language:</b>  de / en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.25017 Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.25017 Integrated Circuits for Wireless Communications	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:</i> <b>Empfohlen:</b> Vorlesung Schaltungstechnik bzw. Circuit and System Design. Hilfreiche Ergänzung: Vorlesung "Wireless Communications" von Prof. Hab-Umbach. None <i>Prerequisites of course Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:</i> <b>Recommended:</b> Lecture Schaltungstechnik resp. Circuit and System Design. Helpful supplement: Lecture "Wireless Communications" of Prof. Hab-Umbach.						

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:*

**Kurzbeschreibung**

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 Höchstfrequenz-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 modernster Chip-Entwurfssoftware durchgeführt.

**Inhalt**

Die Vorlesung vermittelt den methodischen Entwurf von integrierten Schaltungen für die drahtlose Kommunikation. Ein Teil der Übungen wird als CAD-Übung unter Nutzung von 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)
- Mischer
- Oszillatoren
- Frequenzsynthesizer-PLLs

## 2 Module im Masterstudiengang

*Contents of the course Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:*

### **Short Description**

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.

### **Contents**

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 Funkssystemen zu beschreiben und zu berechnen
- Entwurfsmethoden anzuwenden, um integrierte Schaltungskomponenten für Funkssysteme 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

2 Module im Masterstudiengang

6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>			
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)			<input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)
				<input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)
	zu	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>Gewichtung für die Modulnote</b>
	a)	Mündliche Prüfung	30-45 min	100%
	<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)			<input type="checkbox"/> Module exam (MP)
				<input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)
	zu	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>
	a)	Oral Examination	30-45 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>			
	keine none			
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>			
	Keine None			
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b>			
	Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.			
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b>			
	BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik			
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>			
	Prof. Dr.-Ing. J. Christoph Scheytt			

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</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></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <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 Chip-Entwurfssoftware</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>                  Folien und Videos der Vorlesungen, sowie Folien zur Übung werden zur Verfügung gestellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Behzad Razavi "RF Microelectronics", Prentice Hall, 2011</li> <li>• Thomas Lee "The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits", Cambridge University Press 2003</li> </ul> <p><i>Remarks of course Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:</i>  <b>Course 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></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture with Powerpoint presentation and handwritten mathematical derivations using tablet and beamer</li> <li>• Exercises partly as handwritten calculation exercises using tablet and beamer and partly as practical IC design exercises using IC design software</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b>                  Lecture slides and videos as well as exercise slides will be made available.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Behzad Razavi "RF Microelectronics", Prentice Hall, 2011</li> <li>• Thomas Lee "The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits", Cambridge University Press 2003</li> </ul>
----	---

<b>Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation</b>			
Fast Integrated Circuits for Wireline Communications			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.25019	180	6	Wintersemester winter term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	de / en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.25019 Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.25019 Fast Integrated Circuits for Wireline Communications	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine						
	<i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:</i>						
	<b>Empfohlen:</b> Modul "Schaltungstechnik" des Bachelor Elektrotechnik oder Modul "Circuit and System Design" des Master "Electrical Systems Engineering" oder vergleichbare Module / Vorlesungen						
	None						
	<i>Prerequisites of course Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:</i>						
	<b>Recommended:</b> Module "Schaltungstechnik" of the Bachelor Electrical Engineering or module "Circuit and System Design" of the Master "Electrical Systems Engineering" or comparable modules / lectures						

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:*

**Kurzbeschreibung**

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. 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 Höchstfrequenz-Modellierung von passiven und aktiven Bauelementen notwendig. 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.

**Inhalt**

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

*Contents of the course Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:*

**Short Description**

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. 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 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.

**Contents**

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:**

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.

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

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.

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> The student will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe and analyze transmitter and receiver architectures for broadband communication links</li> <li>• understand and describe semiconductor technologies and integrated high-frequency devices for broadband circuits</li> <li>• to analyze circuit design techniques for transmitter and receiver circuits and describe ways to optimize them</li> <li>• to describe circuits in PLL technique for frequency synthesis and clock recovery</li> <li>• to describe measurement methods</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> 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.</p>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Mündliche Prüfung</td> <td>30-45 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Oral Examination</td> <td>30-45 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Mündliche Prüfung	30-45 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Oral Examination	30-45 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Mündliche Prüfung	30-45 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Oral Examination	30-45 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. J. Christoph Scheytt</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:</i></p> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</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></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b>          Vorlesung mit Übungen (einschließlich rechnerunterstütztem Entwurf mit IC-Entwurfssoftware)</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Handouts und Literatur-Referenzen werden in der Vorlesung angegeben.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Säckinger, "Broadband Circuits for Optical Fiber Communication", Wiley, 2005</li> <li>• B. Razavi, "Design of Integrated Circuits for Optical Communications", McGraw-Hill, 2003</li> </ul> <p><b>Bemerkungen</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).</p> <p><i>Remarks of course Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:</i></p> <p><b>Course 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></p> <p><b>Implementation</b>          Lecture with Exercises (including computer-aided design using electronic design software)</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>          Handouts and literature references will be given in the lecture.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Säckinger, "Broadband Circuits for Optical Fiber Communication", Wiley, 2005</li> <li>• B. Razavi, "Design of Integrated Circuits for Optical Communications", McGraw-Hill, 2003</li> </ul> <p><b>Comments</b>          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).</p>

### VLSI Testing

VLSI Testing

2 Module im Masterstudiengang

<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.25005	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de / en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.25005 VLSI Testing	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.25005 VLSI Testing	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung VLSI Testing:</i> <b>Empfohlen:</b> Digitaltechnik None <i>Prerequisites of course VLSI Testing:</i> <b>Recommended:</b> Digital Design					

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung VLSI Testing:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Die Lehrveranstaltung "VLSI Testing" 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.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <p>Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fehlermodelle</li><li>• Testbarkeitsmaße und Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit</li><li>• Logik- und Fehlersimulation</li><li>• Algorithmen zur Testmustererzeugung</li><li>• Selbsttest, insbesondere Testdatenkompression und Testantwortkompaktierung</li><li>• Speichertest</li></ul> <p><i>Contents of the course VLSI Testing:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>The course 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.</p> <p><b>Contents</b></p> <p>In detail the following topics are covered:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fault models</li><li>• Testability measures and design for test (DFT)</li><li>• Logic and fault simulation</li><li>• Automatic test pattern generation (ATPG)</li><li>• Built-in self-test (BIST), in particular test data compression and test response compaction</li><li>• Memory test</li></ul>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fehlermodelle, Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit und Werkzeuge zur Unterstützung des Tests zu beschreiben,</li><li>• die grundlegenden Modelle und Algorithmen für Fehlersimulation und Test zu erklären und anzuwenden, sowie</li><li>• Systeme im Hinblick auf ihre Testbarkeit zu analysieren und geeignete Teststrategien auszuwählen.</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</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>

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to describe fault models, DFT techniques, and test tools,</li> <li>• to explain and apply the underlying models and algorithms for fault simulation and test generation,</li> <li>• to analyze systems with respect to their testability and to derive appropriate test strategies.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</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>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>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).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Informatik v4, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Sybille Hellebrand</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung VLSI Testing:</i></p> <hr style="width: 30%; margin: 10px auto;"/> <p><b>ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS</b> Die Lehrveranstaltung findet im SoSe 2024 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet.</p> <hr style="width: 30%; margin: 10px auto;"/> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</b> <a href="https://ei.uni-paderborn.de/date/lehre/uebersicht">https://ei.uni-paderborn.de/date/lehre/uebersicht</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b> * Vorlesung mit Beamer und Tafel * Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer * Praktische Übungen mit verschiedenen Software-Werkzeugen am Rechner</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen panda-Kurs</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> <li>• Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability,“ Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975</li> </ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

Remarks of course VLSI Testing:

---

### ATTENTION - IMPORTANT NOTICE

The course doesn't take place in summer term 2024. Please see the notice boards of the group.

---

### Course Homepage

<https://ei.uni-paderborn.de/en/electrical-engineering/date/teaching/electrical-engineering/overview>

### Implementation

- 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

### Teaching Material, Literature

Additional material can be found in panda

- 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
- 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

Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen)			
Theory and application of phase-locked loops (PLL Systems)			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.25018	180	6	Wintersemester winter term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	de

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.25018 Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen)	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.25018 Theory and Application of Phase-locked Loops (PLL Systems)	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen):</i> <b>Empfohlen:</b> System-, Regelungs- und Nachrichtentechnik None <i>Prerequisites of course Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen):</i> <b>Recommended:</b> System theory, control and communication engineering						

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen):</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <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><b>Inhalt</b></p> <p>Aufbau und Eigenschaften eines Phasenregelkreises</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen des Phasenregelkreises (PLL)</li> <li>• Analoge und digitale Bausteine der PLL</li> <li>• Modell - Schaltende Differentialgleichung - Linearisierung - Ereignisgesteuerte Modellierung</li> </ul> <p>Design eines Frequenz Synthesizers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Randbedingungen</li> <li>• Konzepte zur Parameterbestimmung</li> <li>• Design des spannungsgesteuerten Oszillators</li> </ul> <p><i>Contents of the course Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen):</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>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.</p> <p><b>Contents</b></p> <p>Structure and properties of a phase-locked loop</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principles of phase-locked loop (PLL)</li> <li>• Analog and digital modules of the PLL</li> <li>• Model - Switching differential equation - Linearization - Event-driven modeling</li> </ul> <p>Design of a frequency synthesizer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• General conditions</li> <li>• Concepts for parameter determination</li> <li>• Design of the voltage controlled oscillator</li> </ul>
---	---

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> 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><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> 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><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to describe the architecture and the functionality of the phase-locked loop,</li> <li>• to perform a frequency synthesis, a phase- and frequency modulation and a clock synchronization using a phase-locked loop,</li> <li>• to model a mixed-signal system in a linear and nonlinear way and</li> <li>• to design the phase-locked loop in regard to the phase noise, the nonlinear behavior and the stability.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> 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</p>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1346 1422 1556"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1624 1422 1834"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Type of examination</th> <th>Duration or scope</th> <th>Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	none
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Christian Hedayat, Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann</p>

13

**Sonstige Hinweise / Other Notes:**

*Hinweise der Lehrveranstaltung Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen):*

**Lehrveranstaltungsseite**

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

**Methodische Umsetzung**

- Vorlesung mit Beamer und Tafel
- Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer

**Lernmaterialien, Literaturangaben**

- 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 Frigyk, 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 Frigyk, B.: "Behavioral modeling of charge pump phase locked loops"

## 2 Module im Masterstudiengang

*Remarks of course Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen):*

### **Course Homepage**

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

### **Implementation**

- Lecture based on slide presentation and on blackboard
- Exercises based on exercise sheets with students presenting their own solutions

### **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"

## 2.4.5 Optoelektronik

Katalogname / Name of catalogue	Optoelektronik / Optoelectronics
Module / Modules	* Hochfrequenzelektronik / High-Frequency Electronics * Optische Nachrichtentechnik A / Optical Communication A * Optische Nachrichtentechnik B / Optical Communication B * Optische Nachrichtentechnik C / Optical Communication C * Optische Nachrichtentechnik D / Optical Communication D
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Noé, Reinhold, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6

2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue      Optoelektronik / Optoelectronics

**Lernziele / Learning objectives**

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.

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.

<b>Hochfrequenzelektronik</b>						
High-Frequency Electronics						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.26001	180	6		Wintersemester winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		de / en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.26001 Hochfrequenzelektronik	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

## 2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.26001 High-Frequency Electronics	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Hochfrequenzelektronik:</i> <b>Empfohlen:</b> Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie, Systemtheorie und Einführung in die Hochfrequenztechnik. None <i>Prerequisites of course Hochfrequenzelektronik:</i> <b>Recommended:</b> 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.					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Hochfrequenzelektronik:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> 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. <b>Inhalt</b> 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.					

	<p><i>Contents of the course Hochfrequenzelektronik:</i></p> <p><b>Short Description</b> 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.</p> <p><b>Contents</b> 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.</p>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die für eine konkrete Aufgabenstellung optimale Halbleitertechnologie auszuwählen,</li> <li>• den Entwurf eines integrierten Hochfrequenzschaltkreises auszuführen</li> <li>• und die gefertigten Komponenten zu charakterisieren.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,</li> <li>• beziehen in komplexe Optimierungsprobleme auch fertigungstechnische und ökonomische Aspekte ein,</li> <li>• lernen das industrieübliche CAD-System ADS kennen</li> <li>• und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• select the most suitable semiconductor technology for a given problem,</li> <li>• run the complete design process of a high-frequency integrated circuit,</li> <li>• and to characterize fabricated samples.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• can use of methodic knowledge for systematic problem analysis,</li> <li>• include aspects of fabrication technology and economy into complex optimization problems,</li> <li>• get familiar with the CAD system ADS, which is commonly used in industry</li> <li>• and gain foreign language competences related to the field.</li> </ul>

2 Module im Masterstudiengang

6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>			
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>Gewichtung für die Modulnote</b>
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
	<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
	zu	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>
	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>			
	keine none			
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>			
	Keine None			
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b>			
	Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.			
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b>			
	BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik			
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>			
	Prof. Dr. Andreas Thiede			

## 2 Module im Masterstudiengang

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Hochfrequenzelektronik:</i></p> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <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> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <p>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.</p> <p><i>Remarks of course Hochfrequenzelektronik:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://groups.upb.de/hfe/teaching/hfe.html">http://groups.upb.de/hfe/teaching/hfe.html</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <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> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <p>A. Thiede, High-Frequency Electronics, Vorlesungsskript Universität Paderborn  A. Thiede, High-Frequency Electronics, Lecture Script University Paderborn  References to continuative and deepening literature can be found in the respective sections of the script.</p>
----	---

<b>Optische Nachrichtentechnik A</b>			
Optical Communication A			
<b>Modulnummer / Module number:</b>  M.048.26003	<b>Workload (h):</b>  180	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>  6	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>  Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>  1.-3. Semester	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>  1	<b>Sprache / Teaching Language:</b>  de / en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.26003 Optische Nachrichtentechnik A	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.26003 Optical Communication A	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik A:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Optische Nachrichtentechnik A:</i> None						
4	<b>Inhalte / Contents:</b>						
	<i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik A:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik A vermittelt Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Optischen Nachrichtentechnik und der hierbei verwendeten optischen Komponenten. <b>Inhalt</b> Grundlagen (4 SWS, 6 Leistungspunkte): Maxwell-Gleichungen, Wellenausbreitung, Polarisation, dielektrische Schichtwellenleiter und kreiszylindrische Wellenleiter, Dispersion, Laser, Photodioden, optische Verstärker, Modulation, Signalformate, optische Empfänger, Rauschen, Regeneratoren, Wellenlängenmultiplex. Hier werden die wichtigsten Zusammenhänge vermittelt.						

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Optische Nachrichtentechnik A:</i></p> <p><b>Short Description</b> The lecture Optical Communication A gives basic knowledge in Optical Communication and the components used in this field.</p> <p><b>Contents</b> 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.</p>										
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang</p> <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> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and</li> <li>• apply knowledge of optoelectronics</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,</li> <li>• are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis and</li> <li>• are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves</li> </ul>										
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%								

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Prof. Dr. Reinhold Noé		

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik A:</i> <b>Lehrveranstaltungsseite</b> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):</p> <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 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> <p><i>Remarks of course Optische Nachrichtentechnik A:</i> <b>Course Homepage</b> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a></p> <p><b>Teaching Material, Literature</b> Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</p> <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 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>
----	---

**Optische Nachrichtentechnik B**

Optical Communication B

2 Module im Masterstudiengang

<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.26004	180	6	Sommersemester summer term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.26004 Optische Nachrichtentechnik B	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.26004 Optical Communication B	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik B:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Optische Nachrichtentechnik B:</i> None					

<p>4</p>	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik B:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</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.</p> <p><b>Inhalt</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 Koppler, Bragg-Gitter, polarisationserhaltende Lichtwellenleiter, Polarisationstransformatoren, Entzerrer für Polarisationsmodendispersion und chromatische Dispersion.</p> <p><i>Contents of the course Optische Nachrichtentechnik B:</i></p> <p><b>Short Description</b>          The lecture Optical Communication B gives some knowledge about mode coupling in Optical Communication and explains the function of many optical components.</p> <p><b>Contents</b>          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.</p>
<p>5</p>	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b>          Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang</p> <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> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b>          Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul>

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and</li> <li>apply knowledge of optoelectronics</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,</li> <li>are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis and</li> <li>are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>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).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Reinhold Noé</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik B:</i></p> <p><b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):</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>

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><i>Remarks of course Optische Nachrichtentechnik B:</i></p> <p><b>Course Homepage</b>  <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a></p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>          Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</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>
---

<b>Optische Nachrichtentechnik C</b>						
Optical Communication C						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.26005	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de / en			
<b>1</b>	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.26005 Optische Nachrichtentechnik C	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.26005 Optical Communication C	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik C:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Optische Nachrichtentechnik C:</i> None					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik C:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Die Vorlesung und Übung Optische Nachrichtentechnik C vermittelt Kenntnisse über verschiedene optische Modulations- und Demodulationsverfahren. <b>Inhalt</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>Contents of the course Optische Nachrichtentechnik C:</i> <b>Short Description</b> The lecture Optical Communication C gives knowledge in various optical modulation and demodulation techniques. <b>Contents</b> 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, coherent 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	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang</p> <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> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and</li> <li>• apply knowledge of optoelectronics</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,</li> <li>• are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis and</li> <li>• are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 20%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														

## 2 Module im Masterstudiengang

7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Reinhold Noé</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik C:</i> <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):</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>

## 2 Module im Masterstudiengang

Remarks of course *Optische Nachrichtentechnik C*:

### Teaching Material, Literature

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 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						
Optical Communication D						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.26006	180	6	Sommersemester summer term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de / en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.26006 Optische Nachrichtentechnik D	2V 2Ü, SS2	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.26006 Optical Communication D	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

2 Module im Masterstudiengang

2	<p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b></p> <p>Keine None</p>
3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik D:</i> Keine</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Optische Nachrichtentechnik D:</i> None</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik D:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b> Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik D vermittelt Kenntnisse über nichtlineare optische Verzerrungen in Lichtwellenleitern, elektronische Detektion linearer Verzerrungen, außerdem Polarisationsverwüfelung.</p> <p><b>Inhalt</b> Ausgewählte Kapitel (4 SWS, 6 Leistungspunkte) in Optischer Nachrichtentechnik: Nichtlineare Verzerrungen in Lichtwellenleitern und ihre Polarisationsabhängigkeit, elektronische Detektion linearer optischer Verzerrungen, Polarisationsverwüfelung, . . . . Nichtlineare Verzerrungen haben große Praxisbedeutung und sind schwierig zu beherrschen. Die Studenten sollten außerdem Themen ihrer Wahl vorbereiten und den anderen vortragen.</p> <p><i>Contents of the course Optische Nachrichtentechnik D:</i></p> <p><b>Short Description</b> The lecture Optical Communication D gives knowledge about nonlinear optical effects in waveguides, their electronical detection, furthermore polarization scrambling.</p> <p><b>Contents</b> 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.</p>

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang</p> <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> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b> After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and</li> <li>• apply knowledge of optoelectronics</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,</li> <li>• are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis and</li> <li>• are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 20%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														

## 2 Module im Masterstudiengang

7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Reinhold Noé</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik D:</i> <b>Lehrveranstaltungsseite</b> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a> <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):</p> <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 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>

Remarks of course *Optische Nachrichtentechnik D*:

**Course Homepage**

<http://ont.upb.de>

**Teaching Material, Literature**

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 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

## 2.4.6 Prozessdynamik

Katalogname / Name of catalogue	Prozessdynamik / Process Dynamics
Module / Modules	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Advanced System Theory / Advanced System Theory</li> <li>* Data Science for Dynamical Systems / Data Science for Dynamical Systems</li> <li>* Gekoppelte Felder / Coupled Fields</li> <li>* Geregelt Drehstromantriebe / Controlled AC Drives</li> <li>* Höhere Regelungstechnik / Advanced Control</li> <li>* Mikrosensorik / Micro Sensors</li> <li>* Systemidentifikation / System Identification</li> <li>* Technische Akustik / Technical Acoustics</li> <li>* Topics in Advanced Control / Topics in Advanced Control</li> <li>* Ultraschallmesstechnik / Ultrasonic measurement technology</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Henning, Bernd, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6

2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue      Prozessdynamik / Process Dynamics

**Lernziele / Learning objectives**

Der Katalog Prozessdynamik bietet im Rahmen der automatisierungstechnischen Lehre eine Spezialisierung, die ausgerichtet ist auf die Erstellung von mathematischen Modellen für dynamische Prozesse und die Entwicklung und den Einsatz von Methoden sowohl für die Analyse der Dynamik als auch für den Entwurf von Regelungen. Aufgrund der Bedeutung einer repräsentativen Informationsgewinnung für die Beherrschung dynamischer Prozesse werden spezielle Messmethoden (akustische und optische) zur Bestimmung physikalischer und technischer Prozessgrößen sowie die Anwendung stochastischer Methoden zur Charakterisierung von Prozessinformationen behandelt. Die erfolgreich Studierenden sind in der Lage, die für die Bearbeitung einer konkreten automatisierungstechnischen Aufgabenstellung geeigneten Methoden auszuwählen bzw. zu entwickeln und die den einzelnen Methoden anhaftenden Grenzen ihrer Anwendbarkeit zu erkennen.

Advanced System Theory						
Advanced System Theory						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.27018	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.27018 Advanced System Theory	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

## 2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.27018 Advanced System Theory	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced System Theory:</i> <b>Empfohlen:</b> Voraussetzung ist ein Grundverständnis von Differentialgleichungen, linearer Algebra und Laplace-Transformationen, wie sie in einem typischen Grundstudium der Systemtheorie behandelt werden. None <i>Prerequisites of course Advanced System Theory:</i> <b>Recommended:</b> 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.					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced System Theory:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Aufbauend auf einem Grundkurs in Systemtheorie behandelt dieser Kurs das dynamische Verhalten linearer Systeme mit größerer mathematischer Sorgfalt. Der Kurs ist in erster Linie für Studierende der Ingenieurwissenschaften gedacht, kann aber auch für Studierende der Physik und anderer Naturwissenschaften nützlich sein. <b>Inhalte</b> Systemmodelle und Differentialgleichungen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zustandsraum- und E/A-Beschreibungen</li> <li>• Beziehungen zwischen internen und externen Beschreibungen</li> <li>• Reaktion von Systemen mit kontinuierlicher und diskreter Zeit</li> <li>• Stabilität, Kontrollierbarkeit, Beobachtbarkeit</li> <li>• Zustandsraumrealisierungen von externen Beschreibungen</li> <li>• Rückgekoppelte Systeme</li> </ul>					

## 2 Module im Masterstudiengang

		<p><i>Contents of the course Advanced System Theory:</i></p> <p><b>Short Description</b>          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.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• System models and differential equations</li> <li>• State-space and I/O descriptions</li> <li>• Relations between internal and external descriptions</li> <li>• Response of continuous- and discrete-time systems</li> <li>• Stability, controllability, observability</li> <li>• State-space realizations of external descriptions</li> <li>• Feedback systems</li> </ul>																
5		<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <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. 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>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. 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.</p>																
6		<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)                <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)                <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)         </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)                <input type="checkbox"/> Module exam (MP)                <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)         </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td style="text-align: center;">120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote															
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%															
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade															
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%															
7		<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	none
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Erdal Kayacan</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced System Theory:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://en.ei.uni-paderborn.de/rat">https://en.ei.uni-paderborn.de/rat</a>  <b>Methodische Umsetzung</b>          Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) Panda-Kurs für Kommunikation und Organisation  <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Handouts und Tutoriumsfragen; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben</p> <p><i>Remarks of course Advanced System Theory:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="https://en.ei.uni-paderborn.de/rat">https://en.ei.uni-paderborn.de/rat</a>  <b>Implementation</b>          Lectures and exercises (including some computer simulations) Panda course for communication and organization  <b>Teaching Material, Literature</b>          Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture</p>

### Data Science for Dynamical Systems

Data Science for Dynamical Systems

2 Module im Masterstudiengang

<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.27029	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3.Semester	1	en			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.27029 Data Science for Dynamical Systems	2V 2Ü, WS	60	120	P	70/35
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.27029 Data Science for Dynamical Systems	2L 2Ex, WS	60	120	C	70/35
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Data Science for Dynamical Systems:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Data Science for Dynamical Systems:</i> None					

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Data Science for Dynamical Systems:*

Der vorliegende Kurs ist modular aufgebaut und wird für verschiedene Studiengänge bzw. Fakultäten interdisziplinär angeboten. Je nach verfügbarem Vorwissen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer wird ein studiengangsspezifischer Inhaltszuschnitt erfolgen. Übergreifende Kernthemen sind u.a.

- Grundlagen Modellbildung dynamischer Systeme anhand Differential- und Differenzgleichungsmodellen
- Datengetriebene Identifikationsverfahren für lineare Modelle auf Basis des Ansatzes der kleinsten Fehlerquadrate (least squares)
- Datengetriebene Identifikationsverfahren für nichtlineare Modelle (z.B. künstliche neuronale Netze)
- Lernen von datengetriebenen Modellen unter Einbindung von a priori Systemwissen
- Identifikation zugrundeliegender Modellstrukturgleichungen (Topologieselektion) z.B. mittels Regularisierung oder Hypothesentests hinsichtlich konkurrierender Zielkriterien
- (Datengetriebene) Modellreduktion
- Manipulation der zur Verfügung stehenden Modelleingangsdaten (Dimensionsreduktions- sowie Augmentationsverfahren) z.B. Autoencoder, Hauptkomponentenanalyse sowie Kernelmethoden
- Statistische Bewertung der zur Verfügung stehenden Eingangs- und Ausgangsdaten dynamischer Systeme sowie entsprechende Verfahren zur Systemanregung
- Statistische Bewertung der erzielten Modellgüte (Über- vs. Unteranpassung) mittels Kreuz-Validierung

Neben der Vermittlung der methodischen Kenntnisse werden umfangreiche programmier- und simulationstechnische Übungen mittels moderner Softwareprogramme (insbesondere in der Programmiersprache Julia) erarbeitet. Vielfältige Anwendungsbeispiele aus der Praxis verschiedener Domänen (z. B. Ingenieur-, Natur- und Wirtschaftswissenschaften) runden die Veranstaltung ab.

## 2 Module im Masterstudiengang

### *Contents of the course Data Science for Dynamical Systems:*

This course has a modular structure and is offered in an interdisciplinary way for different degree programs and faculties. Depending on the available prior knowledge of the participants, the content will be tailored to the specific degree program. Overarching core topics include

- Basics of modelling dynamic systems using differential and difference equation models
- Data-driven identification methods for linear models on the basis of the least squares approach
- Data-driven identification methods for non-linear models (e.g., artificial neural networks)
- Learning of data-driven models utilizing a priori system knowledge
- Identification of underlying model structure equations (topology selection), e.g., by means of regularization or hypothesis tests with regard to competing objectives
- (Data-driven) model reduction
- Manipulation of the available model input data (dimensionality reduction and augmentation methods), e.g., autoencoders, principal component analysis and kernel methods
- Statistical evaluation of the available input and output data of dynamic systems as well as corresponding procedures for system excitation
- Statistical evaluation of the achieved model quality (over-fitting vs. under-fitting) by means of cross-validation

In addition to obtain new methodological knowledge, extensive programming and simulation exercises are developed using modern software programs (especially in the programming language Julia). Diverse application examples from the practice of various domains (e.g., engineering, natural sciences and economics) round off the course.

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

Nach Abschluss der Lehrveranstaltung sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in der Lage

- Methoden zur Identifikation dynamischer Systeme zu beschreiben sowie anzuwenden,
- Identifikationsresultate kritisch zu bewerten,
- Komplexe datengetriebene Modellierungsaufgaben in interdisziplinären Teams zu erfassen, zu analysieren, zielführende Lösungsmethoden abzuleiten sowie eigenständig erarbeitete Ergebnisse zu beurteilen.

After completing the course, the participants are able to

- describe and apply methods for the identification of dynamic systems,
- critically evaluate identification results,
- to understand and analyze complex data-driven modelling tasks in interdisciplinary teams, to derive target-oriented solution methods and to evaluate independently developed results.

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

Modulabschlussprüfung (MAP)       Modulprüfung (MP)       Modulteilprüfungen (MTP)

zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%

Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
Within the first three weeks of the lecture period each respective lecturer will specify the manner in which the examination will be conducted.			
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Informatik v4, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Dr.-Ing. Oliver Wallscheid, Dr. Sebastian Peitz		

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b>                  Modulare Flipped Classroom Veranstaltung aufbauend auf digitalen Selbstlernmaterialien (insbesondere Lernvideos) in Verbindung mit wöchentlichen Kontaktterminen im Hörsaal für die Diskussion von Fragen, Anwendungsbeispielen, Kleingruppenarbeit sowie Besprechung von Hausaufgaben. Fächerübergreifender Kurs für Studienprogramme unterschiedlicher Fakultäten mit individuellen Lehrplänen sowie gemeinsamer, interdisziplinärer Projektphase. Diese findet am Ende der Lehrveranstaltung in Kleingruppen inkl. abschließender Präsentation der Ergebnisse statt.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lernvideos, Übungsaufgaben, Programmierbeispiele</li> <li>• Brunton, Steven L., and J. Nathan Kutz. Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control. Cambridge University Press, 2022.</li> <li>• Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. Deep learning. MIT press, 2016.</li> <li>• Isermann, Rolf, and Marco Münchhof. Identification of dynamic systems: an introduction with applications. Vol. 85. Heidelberg: Springer, 2011.</li> <li>• Nelles, Oliver. Nonlinear dynamic system identification. Springer Berlin Heidelberg, 2001.</li> </ul> <p><b>Implementation</b>                  Modular flipped classroom course based on digital self-learning materials (especially learning videos) in conjunction with weekly contact appointments on campus for the discussion of questions, application examples, small group work as well as discussion of homework. Interdisciplinary course for study programs of different faculties with individual curricula as well as joint, interdisciplinary project phase. The latter takes place at the end of the course in small groups incl. final presentation of the results.</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Learning videos, exercise tasks, programming examples</li> <li>• Brunton, Steven L., and J. Nathan Kutz. Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control. Cambridge University Press, 2022.</li> <li>• Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. Deep learning. MIT press, 2016.</li> <li>• Isermann, Rolf, and Marco Münchhof. Identification of dynamic systems: an introduction with applications. Vol. 85. Heidelberg: Springer, 2011.</li> <li>• Nelles, Oliver. Nonlinear dynamic system identification. Springer Berlin Heidelberg, 2001.</li> </ul>
----	---

<b>Gekoppelte Felder</b>			
Coupled Fields			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.27028	180	6	Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	de

## 2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>	
a)	L.048.27028 Gekoppelte Felder	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40	
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>	
a)	L.048.27028 Coupled Fields	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40	
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	Keine None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Gekoppelte Felder:</i> <b>Empfohlen:</b> Grundkenntnisse aus dem Bereich der klassischen Feldtheorie, zum Beispiel aus den Modulen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik". None <i>Prerequisites of course Gekoppelte Felder:</i> <b>Recommended:</b> Basic knowledge from the area of classical field theory, for example from the modules "Field Theory", "Electromagnetic Waves" and "Theoretical Electrical Engineering".						
4	<b>Inhalte / Contents:</b>						
	<i>Inhalte der Lehrveranstaltung Gekoppelte Felder:</i> Fokus der Lehrveranstaltung Gekoppelte Felder ist die klassische feldtheoretische Betrachtung interagierender elektromagnetischer, thermischer und mechanischer Phänomene sowie deren Anwendung in der Sensorik und Aktorik. Nach einer Einführung in die mathematische Beschreibung der einzelnen Feldgrößen werden folgende Themen behandelt: <ul style="list-style-type: none"><li>• Elektromechanische Kopplung an den Beispielen des piezoelektrischen Effekts, der Elektrostriktion und der Magnetostraktion.</li><li>• Thermomechanische Kopplung am Beispiel der Thermoelastizität sowie bei der Beschreibung verlustbehafteter akustischer Wellen.</li><li>• Thermoelektrische Kopplung am Beispiel der Pyroelektrizität.</li><li>• Phänomene mit elektromagnetisch-thermisch-mechanischer Kopplung wie der photoakustische Effekt. Neben der Beschreibung der Effekte wird auf Analogien, Gemeinsamkeiten und Unterschiede eingegangen sowie Aspekte der numerischen Simulation besprochen.</li></ul>						

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Gekoppelte Felder:</i>                  The focus of the course Coupled Fields is the classical field theory of interacting electromagnetic, thermal and mechanical phenomena as well as their application in sensors and actuators. After an introduction to the mathematical description of the individual fields, the following topics are covered:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electromechanical coupling based on examples in piezoelectricity, electrostriction and magnetostriction.</li> <li>• Thermomechanical coupling such as thermoelasticity and lossy acoustic waves.</li> <li>• Thermoelectric coupling, for example pyroelectricity.</li> <li>• Phenomena with electromagnetic-thermal-mechanical coupling such as the photoacoustic effect. In addition to the description of the effects, analogies as well as similarities and differences are considered and aspects of numerical simulation are discussed.</li> </ul>										
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b>                  Nach dem Besuch der Lehrveranstaltung sind die Studenten in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Wirkungsweise der besprochenen physikalischen Effekte phänomenologisch und auf Differentialgleichungsebene zu beschreiben.</li> <li>• Ergebnisse numerischer Simulationen verkoppelter Felder zu interpretieren und auf Plausibilität zu Prüfen.</li> <li>• für sensorische und aktorische Anwendungen verkoppelter Felder geeignete Komponenten auszuwählen.</li> <li>• aus Beobachtungen Rückschlüsse auf den zugrundeliegenden physikalischen Effekt zu ziehen.</li> </ul> <p>After attending the course, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe the discussed physical effects phenomenologically and with differential equations.</li> <li>• interpret the results of numerical simulations of coupled fields and check them for plausibility.</li> <li>• select suitable components for sensor and actuator applications of coupled fields.</li> <li>• infer an acting physical effect from observations.</li> </ul>										
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)                      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)                      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.</p>			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%								

## 2 Module im Masterstudiengang

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
Within the first three weeks of the lecture period each respective lecturer will specify the manner in which the examination will be conducted.			
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Leander Claes		
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> <b>Modulseite</b> <a href="https://emt.upb.de">https://emt.upb.de</a> <b>Methodische Umsetzung</b> Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Vorlesungsfolien sowie Übungsaufgaben werden bereitgestellt. Auf ergänzende Fachliteratur wird im Verlauf der Veranstaltung hingewiesen.		

## 2 Module im Masterstudiengang

<p><b>Module Homepage</b>  <a href="https://emt.upb.de">https://emt.upb.de</a></p> <p><b>Implementation</b>  Lectures and exercises (including some computer simulations)</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>  Lecture slides and exercises will be provided. Additional literature references will be given throughout the course.</p>
---

Geregelte Drehstromantriebe						
Controlled AC Drives						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.27013	180	6		Sommersemester summer term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.27013 Geregelte Drehstromantriebe	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.27013 Controlled AC Drives	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine  <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Geregelte Drehstromantriebe:</i> <b>Empfohlen:</b> Die Teilnehmer sollten ein Bachelormodul zu den Grundlagen elektrischer Antriebe bereits absolviert haben.					

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Geregelte Drehstromantriebe:</i> <b>Recommended:</b> It is strongly recommended that the students should have already finished a Bachelor course on the basics of electrical drives.</p>
4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Geregelte Drehstromantriebe:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> 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.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Drehstrommaschinen: Synchronmotor und Asynchronmotor (Aufbau, Wirkungsweisen, Modellierung, Ersatzschaltbilder, Kennlinien, Arbeitsbereiche)</li><li>• Drehmoment und Drehzahl-Steuerung</li><li>• Raumzeigertheorie (Grundwellenfelder, Koordinatentransformationen)</li><li>• Prinzipien der flussorientierten Regelung</li><li>• Strom-, Drehmoment- und Drehzahl-Regelung, Entwurfsmethoden, Direct Torque Control (DTC), Beobachter</li><li>• Anwendungen aus Industrie, Straßen- und Schienenfahrzeugen</li></ul> <p><i>Contents of the course Geregelte Drehstromantriebe:</i> <b>Short Description</b> 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.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• AC drives: Synchronous and induction motor (structure, basic physical effects, modeling, equivalent circuit diagrams, characteristic curves, operation areas)</li><li>• Speed and torque control</li><li>• Space vector theory (fundamental wave, coordinate transformation)</li><li>• Principles of flux-oriented control</li><li>• Closed-loop control of current, torque and speed, design methods</li><li>• Direct Torque Control (DTC)</li><li>• Observers</li><li>• Applications in industry, road and rail vehicles</li></ul>

2 Module im Masterstudiengang

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studenten verstehen der wichtigsten Arten von Drehstromantrieben und ihre Eigenschaften und sind in der Lage, selbständig solche Antriebe auszuwählen und zu entwerfen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> Die Studenten lernen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen</li> <li>• erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen</li> <li>• erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students learn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to transfer the learned skills also to other disciplines,</li> <li>• extend their cooperation and team capabilities as well as the presentation skills in the context of solving the exercises</li> <li>• learn strategies to acquire knowledge from literature and internet.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1234 1422 1444"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1512 1422 1722"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Type of examination</th> <th>Duration or scope</th> <th>Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p><b>ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS</b> Die Lehrveranstaltung findet im SoSe 2024 nicht statt.</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Geregelt Drehstromantriebe:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://ei.uni-paderborn.de/lea/">http://ei.uni-paderborn.de/lea/</a>  <b>Methodische Umsetzung</b>          Teile der Veranstaltung werden als Rechnerübung durchgeführt. Lernmaterialien: Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p><b>ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS</b> Die Lehrveranstaltung findet im SoSe 2024 nicht statt.</p> <p style="text-align: center;">_____</p>

2 Module im Masterstudiengang

**ATTENTION - IMPORTANT NOTICE** The course doesn't take place in summer term 2024.

*Remarks of course Geregelte Drehstromantriebe:*

**Course Homepage**

<http://ei.uni-paderborn.de/lea/>

**Implementation**

Parts of the course are organized as computer-based exercises. Teaching materials: Lecture notes. Other literature will be given in the lecture

**ATTENTION - IMPORTANT NOTICE** The course doesn't take place in summer term 2024.

Höhere Regelungstechnik						
Advanced Control						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.27001	180	6		Sommersemester summer term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.27001 Höhere Regelungstechnik	2V 2Ü, WS+SS	60	120	P	40/40

2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.27001 Advanced Control	2L 2Ex, WS+SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Höhere Regelungstechnik:</i> <b>Empfohlen:</b> Systemtheorie und Regelungstechnik auf Bachelor-Niveau None <i>Prerequisites of course Höhere Regelungstechnik:</i> <b>Recommended:</b> Undergraduate-level systems theory and automatic control					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Höhere Regelungstechnik:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Dieser Kurs baut auf den Grundkursen zur Systemtheorie und zur Regelungstechnik auf und konzentriert sich auf den Entwurf von zeitdiskreten Regelungssystemen unter Verwendung von Übertragungsfunktionen und Zustandsraummethoden für Systeme mit mehreren Ein- und Ausgängen. Der Kurs richtet sich in erster Linie an Studierende der Ingenieurwissenschaften, kann aber auch für Studierende der Physik und anderer Naturwissenschaften nützlich sein. <b>Inhalte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskretisierung von dynamischen Systemen</li> <li>• Multivariable PI-Regelung</li> <li>• Aktuatorbeschränkungen und Anti-Windup-Mechanismus</li> <li>• Optimale lineare quadratische Schätzung</li> <li>• Optimale lineare quadratische Regelung</li> <li>• Grundlagen der modellprädiktiven Steuerung für beschränkte Systeme</li> </ul>					

	<p><i>Contents of the course Höhere Regelungstechnik:</i></p> <p><b>Short Description</b> 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.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Discretization of dynamical systems</li><li>• Multivariable PI control</li><li>• Actuator constraints and anti-windup mechanism</li><li>• Optimal linear quadratic estimation</li><li>• Optimal linear quadratic control</li><li>• Basics of model predictive control for constrained systems</li></ul>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• das dynamische Verhalten von rückgekoppelten Systemen zu analysieren</li><li>• geeignete Regeleinrichtungen zu entwerfen</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> 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><b>Domain competence:</b> After attending this course, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• study the dynamics of feedback systems</li><li>• design appropriate control systems</li></ul> <p><b>Key qualifications:</b> Students learn</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• to use systematic analysis and synthesis methods that can be used in a variety of disciplines, both in engineering and natural sciences</li><li>• precise methods based on abstractions that can be used to further independent learning.</li></ul>

2 Module im Masterstudiengang

6	<b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>			
	<input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)			
	<b>zu</b>	<b>Prüfungsform</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>Gewichtung für die Modulnote</b>
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
	<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
	<b>zu</b>	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>
	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>			
	keine none			
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>			
	Keine None			
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b>			
	Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.			
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b>			
	BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik			
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>			
	Dr.-Ing. Oliver Wallscheid			

## 2 Module im Masterstudiengang

13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Höhere Regelungstechnik:</i>  <b>Kurshomepage</b>  <a href="https://en.ei.uni-paderborn.de/rat">https://en.ei.uni-paderborn.de/rat</a></p> <p><b>Umsetzung</b>          Aufgrund eines Wechsels der Lehrstuhlleitung im Bereich der Regelungs- und Automatisierungstechnik kann dieser Kurs aktuell nur als Selbstlernkurs auf Basis digitaler Lernmaterialien angeboten werden. Studierende können die Kursmaterialien in ihrem eigenen Tempo durchgehen und mündliche Abschlussprüfungen durchgängig während des Semesters anfragen. Weitere Informationen werden zu Beginn des Vorlesungsstarts bereitgestellt.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Buch- und allgemeine Literaturempfehlungen werden während der aktiven Kurszeit gegeben.</p> <p><i>Remarks of course Höhere Regelungstechnik:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="https://en.ei.uni-paderborn.de/rat">https://en.ei.uni-paderborn.de/rat</a></p> <p><b>Implementation</b>          Due to a professor change within the Department of Automatic Control, the course can only be offered as a self-learning course using digital media content from previous semesters. Students can learn on their own pace and oral examinations can be scheduled anytime. Further information will be distributed during the start of the lecture period for enrolled course students.</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>          Book and general literature recommendations will be made during the active course time.</p>
----	--

<b>Systemidentifikation</b>						
System identification						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.27026	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.27026 Systemidentifikation	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

## 2 Module im Masterstudiengang

	Course	form of teaching	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.27026 System Identification	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b> Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Systemidentifikation:</i> <b>Empfohlen:</b> Signal- und Systemtheorie, Regelungstechnik None <i>Prerequisites of course Systemidentifikation:</i> <b>Recommended:</b> Signal and system theory, Control theory					
4	<b>Inhalte / Contents:</b> <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Systemidentifikation:</i> <b>Kurzbeschreibung</b> Die Veranstaltung befasst sich mit der experimentellen Ermittlung von quantitativen Modellen zur Beschreibung des Verhaltens eines gegebenen Systems. Hierunter fallen sowohl die Auswahl der Modellklasse, die Ermittlung der Parameter des Modells als auch ggf. die Zustandsschätzung. Je nach Anwendungsfeld sind hierbei vielfältige Modelleigenschaften und daraus folgend Identifikationstechniken zu differenzieren: statisch vs. dynamisch, deterministisch vs. stochastisch, zeitdiskret vs. zeitkontinuierlich etc. Die Veranstaltung gibt eine Einführung in die wichtigsten Methoden der Systemidentifikation, wobei die anwendungsorientierte Umsetzung (auch unter Einsatz von Softwarewerkzeugen) im Vordergrund steht. <b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einleitung: Anwendungsfelder der Systemidentifikation und grundlegende Begriffe</li> <li>• Wiederholung Grundlagen: Dynamische Modelle im Zustandsraum, Zeitdiskretisierung, stochastische Prozesse</li> <li>• Identifikation von deterministischen, statischen Prozesse (Funktionsfitting)</li> <li>• Systematische Bewertung der Identifikationsergebnisse (Genauigkeitsanalyse)</li> <li>• Numerische Optimierungsmethoden für (nicht-)lineare Probleme</li> <li>• Identifikation dynamischer Prozesse im Zustandsraum mittels iterativer Optimierung</li> <li>• Zustands- und Parameterschätzung mittels Kalman-Filterung</li> <li>• Praktische Aspekte der Umsetzung (z.B. optimale Systemanregung)</li> </ul>					

*Contents of the course Systemidentifikation:*

**Short Description**

The course deals with the experimental identification of quantitative models describing the behavior of a given system. This includes both the selection of the model class, the determination of the parameters of the model and, if necessary, the state estimation. Depending on the field of application, a variety of model properties and, as a result, identification techniques can be distinguished: static vs. dynamic, deterministic vs. stochastic, discrete-time vs. continuous-time etc. The course gives an introduction to the most important methods of system identification, whereby the application-oriented realization (also with the use of software tools) is focused.

**Contents**

- Introduction: Application fields of system identification and basic terms
- Repetition of basics: Dynamic models in state space, time discretization, stochastic processes
- Identification of deterministic, static processes (function fitting)
- Systematic evaluation of the identification results (accuracy analysis)
- Numerical optimization methods for (non-)linear problems
- Identification of dynamic processes in the state space by means of iterative optimization
- State and parameter estimation using Kalman filtering
- Practical aspects of implementation (e.g. optimal system excitation)

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

**Fachkompetenz:**

Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage:

- Systemtheoretische Modellklassen/-eigenschaften zu erläutern und diese gegeneinander abzugrenzen.
- Problemspezifische Lösungsmethoden zur Systemidentifikation selbstständig auszuwählen, anzuwenden und ggf. anzupassen.
- Identifikationsergebnisse zu bewerten und daraus ableiten, ob der gewählte Lösungsweg zielführend war oder ggf. modifiziert werden muss.

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

Die Studierenden

- können die erlernten Methoden auf (interdisziplinäre) Probleme unterschiedlicher Fachdomänen anwenden (z. B. innerhalb der Elektrotechnik, des Maschinenbaus oder der Wirtschaftswissenschaften).
- können mathematische Modelle komplexer Systeme empirisch ermitteln und diese interpretieren (Abstraktionsfähigkeit).
- können softwarebasierte, ingenieurwissenschaftliche Werkzeuge anwenden und (weiter-)entwickeln.
- sind befähigt sich selbst in angrenzende und weiterführende Themengebiete einzuarbeiten.

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> After attending this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explain system theoretic model classes / properties and distinguish them from each other.</li> <li>• Independently select, apply and, if necessary, adapt problem-specific solution methods for system identification.</li> <li>• Evaluate identification results and deduce whether the chosen solution has been effective or may need to be modified.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to apply system identification methods to (interdisciplinary) problems from different science domains (e.g. within electrical engineering, mechanical engineering or economics).</li> <li>• can empirically determine and interpret mathematical models of complex systems (abstraction ability).</li> <li>• can apply and develop software-based engineering tools.</li> <li>• are able to familiarize themselves with adjacent and further topics.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 943 1422 1122"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td>120-180 min oder 30-45 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1189 1422 1368"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination</td> <td>120-180 min or 30-45 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min oder 30-45 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Oliver Wallscheid</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Systemidentifikation:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="https://en.ei.uni-paderborn.de/rat">https://en.ei.uni-paderborn.de/rat</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b>          Vorlesung mit Skriptum, Foliensatz und Tafelanschrieb Übungseinheiten an der Tafel und im PC-Poolraum (Matlab/Simulink) Abgabeübungen sowie kleine Seminararbeit (beides freiwillig)</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b>          Isermann, R.: Identification of Dynamic Systems, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011 Ljung, L: System Identification - Theory for the User (2nd ed.), Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999 Schröder, D.: Intelligente Verfahren: Identifikation und Regelung nichtlinearer Systeme, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010 Walter, E.: Identification of Parametric Models, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1997 Isermann, R.: Identification of Dynamic Systems, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011 Ljung, L: System Identification - Theory for the User (2nd ed.), Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999 Schröder, D.: Intelligente Verfahren: Identifikation und Regelung nichtlinearer Systeme, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010 Walter, E.: Identification of Parametric Models, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1997</p> <p><i>Remarks of course Systemidentifikation:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://ei.uni-paderborn.de/lea/">http://ei.uni-paderborn.de/lea/</a></p> <p><b>Implementation</b>          Lecture with script, slide set and blackboard Exercises on the blackboard and in the PC pool room (Matlab / Simulink) Homework exercises and short term paper (both voluntary)</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b>          Isermann, R.: Identification of Dynamic Systems, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011 Ljung, L: System Identification - Theory for the User (2nd ed.), Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999 Schröder, D.: Intelligente Verfahren: Identifikation und Regelung nichtlinearer Systeme, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010 Walter, E.: Identification of Parametric Models, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1997 Isermann, R.: Identification of Dynamic Systems, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011 Ljung, L: System Identification - Theory for the User (2nd ed.), Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999 Schröder, D.: Intelligente Verfahren: Identifikation und Regelung nichtlinearer Systeme, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010 Walter, E.: Identification of Parametric Models, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1997</p>

### Technische Akustik

Technical Acoustics

2 Module im Masterstudiengang

<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.27022	180	6	Wintersemester winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	1.-3. Semester	1	de			
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.27022 Technische Akustik	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.27022 Technical Acoustics	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Technische Akustik:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Technische Akustik:</i> None					

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Technische Akustik:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b> Die Lehrveranstaltung Technische Akustik konzentriert sich auf die Vermittlung der Grundlagen der Akustik mit dem Schwerpunkten Modellierung und Simulation von Schallausbreitung.</p> <p><b>Inhalt</b> Die Vorlesung Technische Akustik behandelt folgende Themen:</p> <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> <p><i>Contents of the course Technische Akustik:</i></p> <p><b>Short Description</b> The course Technical Acoustics concentrates on teaching the basics of acoustics with a focus on modelling and simulation of sound propagation.</p> <p><b>Contents:</b> The lecture Technical Acoustics is structured as follows</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Acoustic and sound field characteristics</li><li>• Fundamentals of wave propagation</li><li>• Hearing acoustics</li><li>• Wave equations</li><li>• Modelling</li><li>• Electro-acoustic as well as acoustic-electric couplings</li><li>• Material data</li><li>• Technical sound sources (properties)</li><li>• Sound field visualisation (for verification)</li></ul>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <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> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> 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>

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><b>Domain competence:</b> After attending the course, students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• describe sound propagation processes in solids, liquids and gases mathematically and analyse them by means of analytical or numerical simulation.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b> The Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• can apply the acquired knowledge and skills in an interdisciplinary manner and with complex issues,</li> <li>• are able to develop targeted solutions based on systematic problem analysis,</li> <li>• are capable of familiarising themselves with relevant fields of work due to the method-oriented knowledge transfer.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None</p>																
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
10	<p><b>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).</p>																

## 2 Module im Masterstudiengang

11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Bernd Henning</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Technische Akustik:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung</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</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</li> </ul> <p><i>Remarks of course Technische Akustik:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>  <b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures with slide presentation of extensive contexts,</li> <li>• Practical work in groups using measurement techniques in the laboratory</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Provision of a script; references to textbooks from the textbook collection will be announced.</li> </ul>

Topics in Advanced Control			
Topics in Advanced Control			
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>
M.048.27030	180	6	Sommersemester summer term
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>
	1.-3. Semester	1	en

2 Module im Masterstudiengang

1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>						
		<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehrform</b>	<b>Kontaktzeit (h)</b>	<b>Selbststudium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppengröße (TN)</b>
	a)	L.048.27030 Topics in Advanced Control	2V 2S, SS	60	120	P	40/40
		<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact-time (h)</b>	<b>self-study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
	a)	L.048.27030 Topics in Advanced Control	2L, 2S, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>						
	None						
	None						
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>						
	Keine						
	<i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Topics in Advanced Control:</i>						
	<b>Empfohlen:</b> Systemtheorie und Regelungstechnik						
	None						
	<i>Prerequisites of course Topics in Advanced Control:</i>						
	<b>Recommended:</b> System Theory and Automatic Control						
4	<b>Inhalte / Contents:</b>						
	<i>Inhalte der Lehrveranstaltung Topics in Advanced Control:</i>						
	Dieser Kurs behandelt eine Auswahl aktueller Themen im Bereich der fortgeschrittenen Steuerung. Der erste Teil des Kurses folgt einem regulären Vorlesungsformat, während der Hauptteil des Kurses eine aktive Teilnahme der Studenten und ein unabhängiges Studium aktueller Forschungsthemen im Bereich der fortgeschrittenen Regelungstechnik erfordert. Der Kurs beginnt mit einer kurzen Zusammenfassung einiger Schlüsselkonzepte der fortgeschrittenen Regelungstechnik und der Diskussion des Spektrums zwischen modellfreien und modellbasierten Regelungsansätzen. Dann werden spezifische Themen vorgestellt und die Studierenden wählen eine Forschungsarbeit für ihre Hauptstudie während des Kurses aus. Darüber hinaus bietet dieser Kurs eine Einführung in das wissenschaftliche Lesen, Schreiben und Präsentieren im Laufe des Semesters. Aus methodischer Sicht werden wir fortgeschrittene daten- und modellbasierte Kontrollmethoden diskutieren, insbesondere ihre Anwendung auf reale autonome Systeme, Robotik und Multiagentensysteme. Die Auswahl der Themen kann sich von Jahr zu Jahr ändern.						

## 2 Module im Masterstudiengang

	<p><i>Contents of the course Topics in Advanced Control:</i>                  This course covers a selection of current topics in advanced control. The first part of the course will follow a regular lecture format, while the main part of the course will require active student participation and independent study of current research topics in advanced control. The course begins by briefly summarizing some key concepts in advanced control and discussing the spectrum between model-free and model-based control approaches. Then, specific topics will be introduced and students will select a research paper for their major study during the course. In addition, this course will provide an introduction to academic reading, writing and presentation as the semester progresses. From a methodological point of view, we will discuss advanced data-and model-based control methods, and in particular their application to real-world autonomous systems, robotics, and multi-agent systems. The selection of topics may change from year to year.</p>																		
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b>                  Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Spektrum zwischen modellfreier und modellbasierter Regelung zu erklären.</li> <li>• sich selbstständig aus der Literatur Fachwissen zu einem bestimmten Gebiet der Regelungstechnik aneignen.</li> <li>• die Bedeutung von Veröffentlichungen auf dem Gebiet für den Stand der Technik zu interpretieren.</li> <li>• das Wissen und die Techniken aus diesem Kurs auf ein breites Spektrum von Disziplinen anwenden.</li> </ul> <p>After completing the module, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explain the spectrum between model-free and model-based control.</li> <li>• Autonomously gain expertise in a certain field of advanced control from the literature.</li> <li>• Interpret the importance of publications in the field for the state-of-the-art.</li> <li>• Apply the knowledge and techniques from this course to a wide range of disciplines.</li> </ul>																		
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>  <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 50%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td style="text-align: center;">120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th> <th style="width: 40%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 30%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td style="text-align: center;">120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote																
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%																
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade																
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%																
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>                  keine</p>																		

## 2 Module im Masterstudiengang

	none
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Erdal Kayacan</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Topics in Advanced Control:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite:</b>  <a href="https://en.ei.uni-paderborn.de/de/rat">https://en.ei.uni-paderborn.de/de/rat</a>  <b>Methodische Umsetzung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung und Seminar.</li> <li>• Präsentation von Literatur.</li> <li>• Selbstständiges Einarbeiten in eine Thematik.</li> <li>• Austausch mit anderen Studierenden und einem Betreuer aus der Arbeitsgruppe.</li> <li>• Abschlusspräsentationen von Studierenden.</li> </ul> <p><i>Remarks of course Topics in Advanced Control:</i>  <b>Course Homepage:</b>  <a href="https://en.ei.uni-paderborn.de/de/rat">https://en.ei.uni-paderborn.de/de/rat</a>  <b>Implementation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture and seminar.</li> <li>• Presentation of literature.</li> <li>• Independent familiarization with a topic.</li> <li>• Exchange with other students and a supervisor from the group.</li> <li>• Final presentations by students.</li> </ul>

2 Module im Masterstudiengang

Ultrasonic measurement technology						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
M.048.27015	180	6		Sommersemester summer term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	1.-3. Semester	1		de		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.27015 Ultraschallmesstechnik	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
	<b>Course</b>	<b>form of teaching</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.27015 Ultraschall Measurement Technology	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik:</i> Keine None <i>Prerequisites of course Ultraschallmesstechnik:</i> None					

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>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.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <p>Die Vorlesung Ultraschallmesstechnik behandelt folgende Themen:</p> <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> <p><i>Contents of the course Ultraschallmesstechnik:</i></p> <p><b>Short description</b></p> <p>The course Ultrasonic Measurement Technology deals with the phenomena of propagation of mechanical waves in solids, liquids and gases. Based on this the most important acoustic measurement principles for the determination of acoustic material parameters, geometric and technical process parameters as well as their application in process and production engineering are described. The application of sound and ultrasound for non-destructive material diagnostics as well as for ultrasonic tomography are covered in detail.</p> <p><b>Contents</b></p> <p>The Ultrasonic Metrology lecture covers the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Acoustic and sound field characteristics.</li><li>• Fundamentals of wave propagation</li><li>• Ultrasonic sensor design (experimental realization)</li><li>• Methods for measurement and visualization of ultrasonic fields (needle and membrane hydrophone, schlieren measuring station, laser vibrometry. . .)</li><li>• Metrological methods for acoustic material data determination (sound velocity, sound characteristic impedance. . .)</li><li>• Application of ultrasound for non-destructive testing (NDT) and acoustic emission analysis</li><li>• Application of ultrasound and in process measurement technology (distance, flow, level. . .)</li></ul>
---	--

2 Module im Masterstudiengang

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultraschall einzusetzen, um akustische und nicht akustische Größen damit zu bestimmen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b> 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>Specialized competence:</b> After attending the course, students will be able to,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• use ultrasound to determine acoustic and non-acoustic quantities.</li> </ul> <p><b>Cross-disciplinary competencies:</b> The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to apply the knowledge and skills across disciplines and to complex problems,</li> <li>• are able to develop targeted solutions on the basis of systematic problem analysis,</li> <li>• are able to familiarize themselves with tangential fields of work due to the method-oriented knowledge transfer.</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1267 1422 1476"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Prüfungsform</th> <th>Dauer bzw. Umfang</th> <th>Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1547 1422 1756"> <thead> <tr> <th>zu</th> <th>Type of examination</th> <th>Duration or scope</th> <th>Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td> <td>Written or Oral Examination or Presentation</td> <td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%														
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																

2 Module im Masterstudiengang

8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine None</p>
9	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>
10	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>
11	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, NEU23 Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>
12	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Bernd Henning</p>
13	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Hinweise der Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik:</i>  <b>Lehrveranstaltungsseite</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung</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</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</li> </ul> <p><i>Remarks of course Ultraschallmesstechnik:</i>  <b>Course Homepage</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>  <b>Methodical implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures with slide presentation of extensive correlations</li> <li>• Practical work in groups using measurement techniques in the laboratory</li> </ul> <p><b>Learning materials, references</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Provision of a script; references to textbooks from the textbook collection will be announced.</li> </ul>

# 3 Projektarbeit

Im Bereich Projektarbeit kann sich die Kandidatin oder der Kandidat für zwei verschiedene Projektarten entscheiden:

- zwei Halbjahresprojekte je 9 LP oder
- ein Jahresprojekt mit 18 LP.

## 3.1 Halbjahresprojekt

Projektarbeit I, Projektarbeit II (EMA v4)						
Project I, Project II						
Modulnummer / Module number:	Workload (h):	Leistungspunkte / Credits:		Turnus / Regular Cycle:		
M.048.28001 - M.048.28499	270	9		Sommer- / Wintersemester summer- / winter term		
	Studiensemester / Semester number:	Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):	Sprache / Teaching Language:			
	2.-3. Semester	1	de / en			
1	Modulstruktur / Module structure:					
	Lehrveranstaltung	Lehr- form	Kontakt- zeit (h)	Selbst- studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen- größe (TN)
a)	L.048.28001-28499 Projektname (Projekt)	6P, WS+SS	135	135	P	3
	Course	form of teachin	contact- time (h)	self- study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.28001-28499 Project name (Project)	6P, WS+SS	135	135	C	3

### 3 Projektarbeit

2	<p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b></p> <p>1 aus n 1 of n</p>
3	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Projektname (Projekt):</i></p> <p>Keine</p> <p>None</p> <p><i>Prerequisites of course Projektname (Projekt):</i></p> <p>None</p>
4	<p><b>Inhalte / 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>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.</p>
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</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>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.</p>

### 3 Projektarbeit

<b>6</b>	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP) </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Referat</td> <td style="text-align: center;">30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)      <input type="checkbox"/> Module exam (MP)      <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP) </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 20%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Presentation</td> <td style="text-align: center;">30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Referat	30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Presentation	30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Referat	30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Presentation	30 min	100%														
<b>7</b>	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Form</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">SL / QT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Referat</td> <td style="text-align: center;">10-20 min</td> <td style="text-align: center;">SL</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Type of achievement</th> <th style="width: 20%;">Duration or Scope</th> <th style="width: 20%;">SL / QT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Presentation</td> <td style="text-align: center;">10-20 min</td> <td style="text-align: center;">AA</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Referat	10-20 min	SL	zu	Type of achievement	Duration or Scope	SL / QT	a)	Presentation	10-20 min	AA
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT														
a)	Referat	10-20 min	SL														
zu	Type of achievement	Duration or Scope	SL / QT														
a)	Presentation	10-20 min	AA														
<b>8</b>	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine, SL ist für EMA v5 None, AA is for EMA v5</p>																
<b>9</b>	<p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>																
<b>10</b>	<p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>																
<b>11</b>	<p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b></p> <p>keine</p>																
<b>12</b>	<p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Carsten Balewski</p>																
<b>13</b>	<p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p>Wechselnde Dozenten</p>																

### 3 Projektarbeit

Changing lecturers
--------------------

## 3.2 Jahresprojekt

Projektarbeit (EMA v4)						
Project						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>	<b>Turnus / Regular Cycle:</b>			
M.048.28501 - M.048.28999	540	18	Sommer- / Wintersemester summer- / winter term			
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>	<b>Sprache / Teaching Language:</b>			
	2.-3. Semester	2	en			
<b>1</b>	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
a)	L.048.28501-28999 Projektname (Projekt)	12P, WS+SS	270	270	P	3
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
a)	L.048.28501-28999 Projct name (Project)	12P, WS+SS	270	270	C	3
<b>2</b>	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	1 aus n 1 of n					
<b>3</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:</b>					
	Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Projektname (Projekt):</i> Keine None <i>Prerequisites of course Projektname (Projekt):</i> None					

### 3 Projektarbeit

<b>4</b>	<p><b>Inhalte / 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>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.</p>																
<b>5</b>	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</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>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.</p>																
<b>6</b>	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)              <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)              <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)       </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Referat</td> <td style="text-align: center;">30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP)              <input type="checkbox"/> Module exam (MP)              <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)       </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">zu</th> <th style="width: 55%;">Type of examination</th> <th style="width: 20%;">Duration or scope</th> <th style="width: 20%;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Presentation</td> <td style="text-align: center;">30 min</td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Referat	30 min	100%	zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	a)	Presentation	30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
a)	Referat	30 min	100%														
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
a)	Presentation	30 min	100%														

### 3 Projektarbeit

7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>			
zu	<b>Form</b>	<b>Dauer bzw. Umfang</b>	<b>SL / QT</b>	
a)	Referat	10-20 min	SL	
zu	<b>Type of achievement</b>	<b>Duration or Scope</b>	<b>SL / QT</b>	
a)	Presentation	10-20 min	AA	
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine, SL ist für EMA v4 None, AA is for EMA v4			
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.			
10	<b>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	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> keine			
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Dr.-Ing. Carsten Balewski			
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> Wechselnde Dozenten Changing lecturers			

## 4 Studium Generale

Studium Generale - Master						
General Studies - Master						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>  360	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>  12		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>  Sommer- / Wintersemester summer- / winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>  1.-3. Semester	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>  3		<b>Sprache / Teaching Language:</b>  de / en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>  Beliebige Veranstaltungen außerhalb des Curriculums der Studiengänge Elektrotechnik können gewählt werden. Any courses outside of the degree course electrical engineering may be chosen.					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>  Keine None					
4	<b>Inhalte / Contents:</b>  Abhängig von den gewählten Module / Veranstaltungen. Depending on the modules / courses chosen.					

#### 4 Studium Generale

5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>Die Studierenden erweitern ihren wissenschaftlichen Horizont über die Grenzen der Informatik und des gewählten Nebenfaches hinaus. Je nach gewählter Veranstaltung haben sie Kompetenzen im Bereich Kommunikationsfähigkeit, Teamarbeit und Präsentationstechniken erworben.</p> <p><b>Nichtkognitive Kompetenzen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz und Engagement</li> <li>• Kooperationskompetenz</li> <li>• Medienkompetenz</li> <li>• Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich)</li> <li>• Selbststeuerungskompetenz</li> </ul> <p>Students expand their scientific horizons beyond the boundaries of computer science and their chosen minor. Depending on the chosen course, they have acquired competencies in communication skills, teamwork and presentation techniques.</p> <p><b>Non-cognitive Skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Commitment</li> <li>• Cooperation</li> <li>• Media competence</li> <li>• Literacy (scientific)</li> <li>• Self-monitoring</li> </ul>																
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)              <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)              <input checked="" type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)       </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; text-align: center;">zu</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;">           Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.         </td> </tr> </tbody> </table> <p> <input type="checkbox"/> Final module exam (MAP)              <input type="checkbox"/> Module exam (MP)              <input checked="" type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)       </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; text-align: center;">zu</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Type of examination</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Duration or scope</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Weighting for the module grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;">           The responsible lecturer announces type and duration of assessment modalities in the first three weeks of the lecture period at latest.         </td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.				zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade	The responsible lecturer announces type and duration of assessment modalities in the first three weeks of the lecture period at latest.			
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote														
Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.																	
zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade														
The responsible lecturer announces type and duration of assessment modalities in the first three weeks of the lecture period at latest.																	
7	<p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine none</p>																
8	<p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Abhängig von den gewählten Module / Veranstaltungen. Depending on the modules / courses chosen.</p>																

#### 4 Studium Generale

9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> keine none
10	<b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b>
11	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> keine
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Dr.-Ing. Carsten Balewski
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> keine none

# 5 Masterarbeit

## 5.1 Masterarbeit

<b>Masterarbeit</b>						
Master thesis						
<b>Modulnummer / Module number:</b>	<b>Workload (h):</b>	<b>Leistungspunkte / Credits:</b>		<b>Turnus / Regular Cycle:</b>		
A.048.20001	900	30		Sommer- / Wintersemester summer- / winter term		
	<b>Studiensemester / Semester number:</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b>		<b>Sprache / Teaching Language:</b>		
	4. Semester	1		de / en		
1	<b>Modulstruktur / Module structure:</b>					
	<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>Lehr- form</b>	<b>Kontakt- zeit (h)</b>	<b>Selbst- studium (h)</b>	<b>Status (P/WP)</b>	<b>Gruppen- größe (TN)</b>
	<b>Course</b>	<b>form of teachin</b>	<b>contact- time (h)</b>	<b>self- study (h)</b>	<b>status (C/CE)</b>	<b>group size (TN)</b>
2	<b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:</b>					
	Keine None					
3	<b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>					
	Keine None					

## 5 Masterarbeit

4	<p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b>  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><b>Inhalt</b>  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><b>Short Description</b>  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.</p> <p><b>Contents</b>  The concrete content of the master thesis depends on the task defined by the supporting group of the institute. The focus of the thesis can either be placed on the methods applied, or the thesis can be oriented towards the applications. In both cases, the thesis subject will be embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for master papers and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.</p>								
5	<p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>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.</p> <p>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.</p>								
6	<p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; text-align: center;">zu</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Dauer bzw. Umfang</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Masterarbeit</td> <td></td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote		Masterarbeit		100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
	Masterarbeit		100%						

## 5 Masterarbeit

<input checked="" type="checkbox"/> Final module exam (MAP) <input type="checkbox"/> Module exam (MP) <input type="checkbox"/> Partial module exams (MTP)			
zu	<b>Type of examination</b>	<b>Duration or scope</b>	<b>Weighting for the module grade</b>
	Master thesis		100%
7	<b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> keine none		
8	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> Keine None		
9	<b>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:</b> Die Vergabe der Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.		
10	<b>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 its credits (factor 1).		
11	<b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:</b> keine		
12	<b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b> Dr.-Ing. Carsten Balewski		
13	<b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b> Betreuung jeweils durch Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts Supervision by academic staff of the institute		

## 6 Übersicht des Modulangebotes im Wintersemester

• A.048.20001 Masterarbeit .....	275
• M.048.21003 Theoretische Elektrotechnik .....	6
• M.048.210XX Statistische Signale .....	11
• M.048.22001 Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge .....	20
• M.048.22002 Intelligent Control of Electricity Grids .....	37
• M.048.22006 Leistungselektronik .....	40
• M.048.22007 Mensch-Haus-Umwelt .....	52
• M.048.22010 Umweltmesstechnik .....	67
• M.048.22014 Energy Transition .....	32
• M.048.22016 Leistungselektronische Stromversorgungen .....	48
• M.048.22019 Modellierung von Energiesystemen .....	60
• M.048.23002 Digital Image Processing I .....	81
• M.048.23018 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning .....	112
• M.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel .....	104
• M.048.23020 Advanced Topics in Robotics .....	72
• M.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation .....	128
• M.048.24007 Hochfrequenztechnik .....	138
• M.048.24010 Optimale und Adaptive Filter .....	151
• M.048.24013 Feldberechnung mit der Randelementmethode .....	134
• M.048.24017 Topics in Signal Processing .....	155
• M.048.24023 Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik .....	119
• M.048.25005 VLSI Testing .....	196
• M.048.25015 Hochfrequenzleistungsverstärker .....	182
• M.048.25016 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip .....	170
• M.048.25018 Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen) .....	201
• M.048.25019 Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation .	191
• M.048.26001 Hochfrequenzelektronik .....	208
• M.048.26005 Optische Nachrichtentechnik C .....	221
• M.048.27018 Advanced System Theory .....	230
• M.048.27022 Technische Akustik .....	254
• M.048.27026 Systemidentifikation .....	250
• M.048.27029 Data Science for Dynamical Systems .....	233
• M.048.28001 - M.048.28499 Projektarbeit I, Projektarbeit II (EMA v4) .....	266
• M.048.28501 - M.048.28999 Projektarbeit (EMA v4) .....	269
• M.079.4077 Data Science for Physics and Engineering .....	76
• Studium Generale - Master .....	272

## 7 Übersicht des Modulangebotes im Sommersemester

• A.048.20001 Masterarbeit .....	275
• M.048.22003 Bauelemente der Leistungselektronik .....	25
• M.048.22008 Messstochastik .....	55
• M.048.22013 Solar Electric Energy Systems .....	62
• M.048.22017 Leistungselektronik für die Energiewende .....	44
• M.048.22018 Energiesystemtechnik .....	29
• M.048.23010 Robotik .....	95
• M.048.23012 Statistical and Machine Learning .....	99
• M.048.23016 Digital Image Processing II .....	86
• M.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel .....	104
• M.048.23021 Topics in Audio, Speech and Language Processing .....	108
• M.048.23022 Reinforcement Learning .....	90
• M.048.24001 Digitale Sprachsignalverarbeitung .....	124
• M.048.24004 Wireless Communications .....	158
• M.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation .....	128
• M.048.24013 Feldberechnung mit der Randelementmethode .....	134
• M.048.24018 Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode .....	142
• M.048.24019 Optical Waveguide Theory .....	146
• M.048.24023 Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik .....	119
• M.048.25008 Analoge CMOS-Schaltkreise .....	178
• M.048.25016 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip .....	170
• M.048.25017 Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation .....	186
• M.048.25021 Advanced VLSI Design .....	166
• M.048.26003 Optische Nachrichtentechnik A .....	212
• M.048.26004 Optische Nachrichtentechnik B .....	216
• M.048.26006 Optische Nachrichtentechnik D .....	225
• M.048.27001 Höhere Regelungstechnik .....	246
• M.048.27013 Geregelte Drehstromantriebe .....	242
• M.048.27015 Ultraschallmesstechnik .....	261
• M.048.27028 Gekoppelte Felder .....	238
• M.048.27030 Topics in Advanced Control .....	258
• M.048.28001 - M.048.28499 Projektarbeit I, Projektarbeit II (EMA v4) .....	266
• M.048.28501 - M.048.28999 Projektarbeit (EMA v4) .....	269
• M.079.4010 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits .....	175
• Studium Generale - Master .....	272

## 8 Übersicht der Modulangebote in englischer Sprache

• A.048.20001 Master thesis .....	275
• M.048.210XX Statistical Signals .....	11
• M.048.22002 Intelligent Control of Electricity Grids .....	37
• M.048.22003 Power Electronic Devices .....	25
• M.048.22006 Power Electronics .....	40
• M.048.22013 Solar Electric Energy Systems .....	62
• M.048.22014 Energy Transition .....	32
• M.048.23002 Digital Image Processing I .....	81
• M.048.23010 Robotics .....	95
• M.048.23012 Statistical and Machine Learning .....	99
• M.048.23016 Digital Image Processing II .....	86
• M.048.23018 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning .....	112
• M.048.23019 Cognitive Systems Engineering - Special Topics .....	104
• M.048.23020 Advanced Topics in Robotics .....	72
• M.048.23021 Topics in Audio, Speech and Language Processing .....	108
• M.048.23022 Reinforcement Learning .....	90
• M.048.24001 Digital Speech Signal Processing .....	124
• M.048.24004 Wireless Communications .....	158
• M.048.24007 High Frequency Engineering .....	138
• M.048.24010 Optimal and Adaptive Filters .....	151
• M.048.24017 Topics in Signal Processing .....	155
• M.048.24018 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method .....	142
• M.048.24019 Optical Waveguide Theory .....	146
• M.048.25005 VLSI Testing .....	196
• M.048.25008 Analog CMOS ICs .....	178
• M.048.25015 Radio Frequency Power Amplifiers .....	182
• M.048.25016 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip .....	170
• M.048.25017 Integrated Circuits for Wireless Communications .....	186
• M.048.25019 Fast Integrated Circuits for Wireline Communications .....	191
• M.048.25021 Advanced VLSI Design .....	166
• M.048.26001 High-Frequency Electronics .....	208
• M.048.26003 Optical Communication A .....	212
• M.048.26004 Optical Communication B .....	216
• M.048.26005 Optical Communication C .....	221
• M.048.26006 Optical Communication D .....	225
• M.048.27001 Advanced Control .....	246
• M.048.27013 Controlled AC Drives .....	242
• M.048.27018 Advanced System Theory .....	230

8 Übersicht der Modulangebote in englischer Sprache

- M.048.27027 Topics in Automatic Control ..... ??
- M.048.27029 Data Science for Dynamical Systems ..... 233
- M.048.27030 Topics in Advanced Control ..... 258
- M.048.28001 - M.048.28499 Project I, Project II ..... 266
- M.048.28501 - M.048.28999 Project ..... 269
- M.079.4010 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits ..... 175
- M.079.4077 Data Science for Physics and Engineering ..... 76
- General Studies - Master ..... 272

Erzeugt am 6. März 2024 um 14:35.