

# UNIVERSITÄT PADERBORN

---

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

MODULHANDBUCH FÜR DEN  
MASTERSTUDIENGANG ELEKTROTECHNIK v4 (EMA v4)

STAND: 23. MÄRZ 2019

# 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 . . . . .        | 9          |
| 2.3.1    | Statistische Signale . . . . .               | 9          |
| 2.4      | Kataloge der Wahlpflichtmodule . . . . .     | 15         |
| 2.4.1    | Energie und Umwelt . . . . .                 | 15         |
| 2.4.2    | Kognitive Systeme . . . . .                  | 57         |
| 2.4.3    | Kommunikationstechnik . . . . .              | 102        |
| 2.4.4    | Mikroelektronik . . . . .                    | 151        |
| 2.4.5    | Optoelektronik . . . . .                     | 200        |
| 2.4.6    | Prozessdynamik . . . . .                     | 230        |
| <b>3</b> | <b>Projektarbeit</b>                         | <b>272</b> |
| 3.1      | Halbjahresprojekt . . . . .                  | 272        |
| 3.2      | Jahresprojekt . . . . .                      | 275        |
| <b>4</b> | <b>Masterarbeit</b>                          | <b>278</b> |
| 4.1      | Masterarbeit . . . . .                       | 278        |

# 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<br>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 /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.21003                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> | <b>Sprache / Teaching Language:</b> |                                    |                          |                                    |
|   | 1. Semester                                   | 1  | de                                  |                                    |                          |                                    |
| 1                                       | <b>Modulstruktur / Module structure:</b>      |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Lehrveranstaltung</b>                      | <b>Lehr-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.21003<br>Theoretische Elektrotechnik    | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | P                        | 100                                |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | Course  | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) |
|----|---|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| a) | Theoretical Electrical Engineering  | 2L<br>2Ex,<br>WS | 60               | 120            | C             | 100             |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |                  |                  |                |               |                 |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine<br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Theoretische Elektrotechnik:</i><br>Empfohlen: Kenntnisse über elektromagnetische Wellenausbreitung im Freiraum und Hohlwellenleitern, z.B. erworben in der Vorlesung "Elektromagnetische Wellen".  |                  |                  |                |               |                 |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Theoretische Elektrotechnik:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>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.<br><b>Inhalt</b><br>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

| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>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><br/>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>   |                   |                                |                   |                              |    |         |             |      |    |                     |                   |                                |    |                     |             |      |
|----|--|-------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---------|-------------|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|---------------------|-------------|------|
| 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</td> <td style="text-align: center;">120-180 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"/> 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: 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 Examination</td> <td style="text-align: center;">120-180 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 | 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></p> <p>keine</p>   |                   |                                |                   |                              |    |         |             |      |    |                     |                   |                                |    |                     |             |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |                   |                                |                   |                              |    |         |             |      |    |                     |                   |                                |    |                     |             |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</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><b>Modulseite</b><br/> <a href="https://ei.uni-paderborn.de/tet/">https://ei.uni-paderborn.de/tet/</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Theoretische Elektrotechnik:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>           Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die daneben aber auch einen großen Anteil an Feldvisualisierungen enthält. In den Übungen wird die Theorie anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Vorlesungsfolien und -mitschriften, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="https://ei.uni-paderborn.de/tet/">https://ei.uni-paderborn.de/tet/</a></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 /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                                   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.210XX                             | 180  | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>          | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> | <b>Sprache / Teaching Language:</b> |                                    |                          |                                    |
|   | 1  | 1  | de / en                             |                                    |                          |                                    |
| 1                                       | <b>Modulstruktur / Module structure:</b>               |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Lehrveranstaltung</b>                               | <b>Lehr-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.21004<br>Verarbeitung statistischer Si-<br>gnale | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | P / WP                   | 100                                |
| b)                                      | L.048.24014<br>Statistical Signal Processing           | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | P / WP                   | 100                                |

2 Module im Masterstudiengang

|    | Course                        | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) |
|----|-------------------------------|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| a) | Statistical Signal Processing | 2L<br>2Ex,<br>WS | 60               | 120            | C / CE        | 100             |
| b) | Statistical Signal Processing | 2L<br>2Ex,<br>WS | 60               | 120            | C / CE        | 100             |

2 **Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:**  
1 aus 2 1 of 2

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:**  
*Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale:*  
 Grundkenntnisse in statistischer Signalbeschreibung, wie sie in einem Bachelorstudium Elektrotechnik oder verwandter Disziplinen gelernt werden.  
*Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:*  
 Grundvorlesungen der Signaltheorie und Wahrscheinlichkeitsrechnung Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

|   |  |
|---|--|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>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.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zufallsexperiment, axiomatischer Begriff der Wahrscheinlichkeit</li><li>• Begriff der Zufallsvariablen, Verteilungsfunktion, wichtige Verteilungen diskreter und kontinuierlicher Zufallsvariablen, Zufallsvariablentransformation</li><li>• Maximum-Likelihood Parameterschätzung, Cramer-Rao Schranke, Konfidenzintervalle</li><li>• Maximum-a-Posteriori und Neyman-Pearson Entscheidungsregel, Receiver Operating Characteristic, statistische Hypothesentests</li><li>• Stochastische Prozesse, Stationarität, Ergodizität, Korrelationsfunktion und Leistungsdichtespektrum, weißes Rauschen, Markovketten</li><li>• Optimalfilter nach Wiener</li></ul> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>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.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <p>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.</p> <p><i>Contents of the course Statistical Signal Processing:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>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.</p> <p><b>Contents</b></p> <p>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.</p> |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| 5 | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>Fachkompetenz / Domain competence: a) Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zufällige Größen oder Signale mit Methoden der statistischen Signalverarbeitung zu beschreiben</li><li>• Eigenständig Berechnungen bzgl. Ausfallsicherheit, Trefferhäufigkeit etc. durchzuführen</li><li>• Selbstständig Schätzverfahren für einfache Parameterschätzprobleme zu entwerfen und anzuwenden</li><li>• Statistische Hypthesentests zu konstruieren und auf konkrete Fragestellungen anzuwenden</li><li>• Die Randbedingungen für experimentelle Untersuchungen so zu definieren, dass die Ergebnisse zu belastbaren Aussagen führen</li><li>• Neu gewonnene experimentelle Daten mit bestehenden Modellen zu vergleichen</li><li>• Eine Korrelations- oder Spektralanalyse auf Zeitreihen anzuwenden</li><li>• Optimalfilter für gegebene Fragestellungen zu entwerfen</li></ul> <p>b) Nach dem Besuch dieser Veranstaltung werden Studenten mit den Grundprinzipien der statistischen Signalverarbeitung vertraut sein. Sie verstehen, wie man Techniken der statistischen Signalverarbeitung in der Elektrotechnik einsetzen kann und sie können diese auf relevante Gebiete (wie z.B. in der Nachrichtentechnik) anwenden. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden.</p> <p>c) After attending this course, students will be familiar with the basic principles of statistical signal processing. They will understand how to apply statistical signal processing techniques to relevant fields in electrical engineering (such as communications). Students will develop confidence in their ability to solve mathematical problems of analysis and design. They will be able to apply the principles they have learnt in this course to other areas.</p> <p>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications: b) Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Können die Methoden zur Beschreibung von Größen und Signalen als Zufallsvariablen bzw. Zufallsprozesse auf verschiedenste Fragestellungen aus dem Bereich der Elektro- und Informationstechnik anwenden.</li><li>• Können die Leistungsfähigkeit, aber auch die Grenzen statistischer Methoden in den verschiedenen Anwendungen einschätzen</li><li>• 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.</li><li>• Können Messergebnisse unter Nutzung moderner Programmsysteme auswerten</li><li>• Können in einer Gruppe umfangreichere Aufgabenstellungen gemeinsam analysieren, in Teilaufgaben zerlegen und lösungsorientiert bearbeiten</li></ul> |
|---|--|

2 Module im Masterstudiengang

|    |  |                                |                               |                                       |
|----|--|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 6  | <b>Prüfungsleistung / Assessments:</b>   |                                |                               |                                       |
|    | <input type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input checked="" 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<br>oder 30-45 min | 100 %                                 |
|    | b)   | Klausur oder mündliche Prüfung | 120-180 min<br>oder 30-45 min | 100 %                                 |
|    | <input type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input checked="" type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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<br>30-45 min   | 100 %                                 |
|    | b)   | Written or Oral Examination    | 120-180 min or<br>30-45 min   | 100 %                                 |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>   |                                |                               |                                       |
|    | keine  |                                |                               |                                       |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>   |                                |                               |                                       |
|    | Keine<br>None  |                                |                               |                                       |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b>  |                                |                               |                                       |
|    | Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>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).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).                                  |                                |                               |                                       |
| 11 | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b>   |                                |                               |                                       |
|    | Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik   |                                |                               |                                       |
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>  |                                |                               |                                       |
|    | Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach  |                                |                               |                                       |

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale:</i></p> <p><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>• Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig ein experimentelles Setup entwickeln und implementieren, sowie statistische Analysemethoden auf die gewonnenen Ergebnisse anwenden</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <p>Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Bereitstellung der Übungsaufgaben samt Musterlösungen und Beispielimplementierungen in Matlab</p> <p>Weitere Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• N. Henze, Stochastik für Einsteiger, 8. Auflage, Vieweg-Teubner Verlag, 2010</li> <li>• E. Hänsler, Statistische Signale — Grundlagen und Anwendungen, 3. Auflagen, Springer, 2001</li> <li>• S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing — Estimation Theory, Prentice Hall, 1993</li> <li>• J. L. Mela, D. L. Cohn, Decision and Estimation Theory, McGraw-Hill, Kogakusha, 1987.</li> <li>• A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 2. Ausgabe, McGraw-Hill, New York, 1984.</li> </ul> <p><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <p>Vorlesung und Übung</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <p>Literature references are given in the first lecture.</p> <p><i>Other notes of course Statistical Signal Processing:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <p>Lectures and tutorials</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <p>Literature references are given in the first lecture.</p> |
|----|---|

## 2.4 Kataloge der Wahlpflichtmodule

### 2.4.1 Energie und Umwelt

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Katalogname / Name of catalogue | Energie und Umwelt / Energy and Environment   |
| Module / Modules                | * Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge / Drives for Environmentally Compatible Vehicles |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |  |
|---|--|
| Katalogname / Name of catalogue             | Energie und Umwelt / Energy and Environment  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Bauelemente der Leistungselektronik / Power Electronic Devices</li> <li>* Elektronische Stromversorgungen / Modulename</li> <li>* Energy Transition / Energy Transition</li> <li>* Intelligent control of electricity grids / Intelligent Control of Electricity Grids</li> <li>* Leistungselektronik / Power Electronics</li> <li>* Leistungselektronische Stromversorgungen / Switched Mode Power Supplies</li> <li>* Mensch-Haus-Umwelt / Men-House-Environment</li> <li>* Messstochastik / Statistics in measurement</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> |

**Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge**

Drives for Environmentally Compatible Vehicles

2 Module im Masterstudiengang

|   |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.22001                             | 180  | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.22001<br>Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge  | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Drives for Environmentally Compatible Vehicles   | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine, die über die mit einem Bachelorabschluss an einer universitären Einrichtung erworbenen Kenntnisse in Elektrotechnik hinausgehen. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|          |  |
|----------|--|
| <p>4</p> | <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><br/><b>Contents</b></p> |
| <p>5</p> | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachliche Kompetenzen</b><br/>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><br/>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>   |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://www1ea.upb.de">http://www1ea.upb.de</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>                 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><br/>                 Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://www1ea.upb.de">http://www1ea.upb.de</a><br/> <i>Other notes of course Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/> <b>Teaching Material, Literature</b></p> |
|----|--|

| Bauelemente der Leistungselektronik     |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Power Electronic Devices                |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                                    | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.22003                             | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>           | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.22003<br>Bauelemente der Leistungs-<br>elektronik | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | Course  | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) |
|----|---|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| a) | Power Electronic Devices  |                  | 60               | 120            | CE            | 50              |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |                  |                  |                |               |                 |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  |                  |                  |                |               |                 |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Bauelemente der Leistungselektronik:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Vorlesung behandelt Leistungshalbleiterbauelemente, ihre Beschaltung und Ansteuerung sowie Kühlung. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Auslegung magnetischer Bauteile und schnelle Strommessverfahren.<br><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><br><i>Contents of the course Bauelemente der Leistungselektronik:</i><br><b>Short Description</b><br>The course covers power electronic devices, snubber circuits, driving and cooling. Another topic is the design of magnetic components and fast current sensors.<br><b>Contents</b> <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>Fachliche Kompetenzen 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>Fachübergreifende Kompetenzen 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 Professional Competence After attending the course, the students will be able</li><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 (Soft) Skills The students</li><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> <p><b>Professional Competence</b><br/>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><br/>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  | <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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr. Norbert Fröhleke</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://www1ea.upb.de">http://www1ea.upb.de</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Bauelemente der Leistungselektronik:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/> <i>Vorlesung Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum)</i></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>           Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://www1ea.upb.de">http://www1ea.upb.de</a><br/> <i>Other notes of course Bauelemente der Leistungselektronik:</i><br/>           **Implementation lecture exercise</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>           Lecture slides and notes, further literatur will be announced in lecture.</p> |
|----|--|

| Elektronische Stromversorgungen         |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|---|--|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Switched Mode Power Supplies            |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                                   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |
| M.048.22004                             | 180  | 6  |                              | Ungelistet<br>unlisted              |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>          | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> |                              | <b>Sprache / Teaching Language:</b> |                          |                                    |
|   | 1-3  | 1  |                              | de / en                             |                          |                                    |
| 1                                       | <b>Modulstruktur / Module structure:</b>               |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | <b>Lehrveranstaltung</b>                               | <b>Lehr-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
|   | a) L.048.22004<br>Elektronische Stromversor-<br>gungen |  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
|   | a)   |  | 60                           | 120                                 |                          | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 2 | <p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b></p> <p>Keine / None</p>   |
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.<br/>         Knowledge from lecture Power Electronics is desirable. Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</p>   |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Elektronische Stromversorgungen:</i><br/>         Kurzbeschreibung / Short Description Die Vorlesung behandelt grundlegende potentialtrennende Schaltungstopologien elektronischer Stromversorgungen sowie deren Modellbildung und Regelung. The course covers basic circuit topologies of electronic power supplies with electric isolation and their modeling and control.</p> <p>Inhalt / Contents<br/> <i>Grundsaltungen potentialtrennender Gleichstromrichter</i> Transformatoren, gekoppelte Spulen, Filter- und Schwingkreiskomponenten <i>Resonanztechnik für verlustarmes Schalten</i> Regelungstechnische Modellierung von Schaltnetzteilen <i>Netzgleichrichter mit sinusförmiger Stromaufnahme: Leistungsteil und Regelungskonzepte</i> Basic circuits of isolated DC-DC power converters <i>Transformers, coupled inductors, filters and resonant tanks</i> resonant technique for low loss switching <i>control design for switched mode power supplies</i> rectifiers with sinusoidal current shape: power stage and control concepts</p> |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>Fachliche Kompetenzen 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</li> </ul> <p>Fachübergreifende Kompetenzen 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>Professional Competence After attending the course, the students will be able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to analyse power electronic circuits according to 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>(Soft) Skills The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• learn a circuit related view and the ability to define component requirements</li> <li>• improve their skills in computer-based control modelling</li> <li>• extend their competence by self study; a one-day practical education will be offered therefore</li> </ul> |  |                              |                   |                              |    |   |  |      |
|----|---|--|------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|
| 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>120-180 min (Klausur) oder 30-45 min (mündliche Prüfung) oder 30 min (Referat)</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 (Klausur) oder 30-45 min (mündliche Prüfung) oder 30 min (Referat) | 100% |
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang  | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat   | 120-180 min (Klausur) oder 30-45 min (mündliche Prüfung) oder 30 min (Referat) | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP) |   |                   |                                |
|--|---|-------------------|--------------------------------|
| zu   | Type of examination   | Duration or scope | Weighting for the module grade |
| a)   |   |                   | 100%                           |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br>keine   |                   |                                |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine / None  |                   |                                |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.   |                   |                                |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>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 / Reuse in degree courses:</b><br>keine   |                   |                                |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Dr. Norbert Fröhleke   |                   |                                |
| 13   | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br>Modulseite / Module Homepage <a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a><br><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Elektronische Stromversorgungen:</i><br>Methodische Umsetzung / Implementation<br><i>Vorlesung Übung</i> (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum) *eintägiges Praktikum in der letzten Vorlesungswoche (Aufbau eines Schaltnetzteils)<br><i>lecture exercise</i> *one-day practical course in the last week of lecture periode (assembly of a switched mode power supply)<br>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature<br>Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.<br>Lecture slides and skript, further literatur will be announced in lecture. |                   |                                |

|                          |
|--------------------------|
| <b>Energy Transition</b> |
| Energy Transition        |

2 Module im Masterstudiengang

|   |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                                      | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.22014                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>             | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.22014<br>Energy Transition                          | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Energy Transition   | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>            |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine   |  |                                     |                                    |                          |                                    |

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Energy Transition:*

**Kurzbeschreibung**

Mit dem Versiegen fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Erdgas und dem Auslaufen der Atomprogramme vieler Länder, stellt die Notwendigkeit eine Energiestruktur basierend auf erneuerbaren Energien mit fluktuierender Abgabeleistung aufzubauen, ein große Herausforderung für das Elektroingenieurwesen dar. Diese Vorlesung nimmt sich dieser Herausforderung an und erklärt die Funktionsweise und Performanceparameter von allen Arten erneuerbarer Energiewandler, ihre Verfügbarkeit, Zusammenwirken und Anpassungsmöglichkeiten an Verbrauchsstrukturen. Umgekehrt werden die Anpassungsmöglichkeiten der Lastkurven an die Verfügbarkeit der Energiequellen präsentiert, einschließlich neuer Konzepte, wie z.B. dezentrale Erzeugung, Speicherung und Energiemanagement, 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: dezentrale, autonome und 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 the depletion of fossil energy resources such as coal, oil, gas and the shut-down of the nuclear programs in many countries, the necessity to set-up an energy structure based on renewable energies with often fluctuating power output is a vast challenge for electrical engineering. This lecture faces that challenge explaining the functioning and performance parameters of all types of renewable energy conversion devices, their availability, interaction and adaptability to load structures. Vice versa, the adaptability of load curves to the availability of the energy sources shall be presented, including new concepts, e.g. decentralized generation, storage and energy management, 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><br/>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><br/>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><br/> <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>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"/> 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: 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> <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 | 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><br/>keine</p>  |                   |                                |                   |                              |    |         |             |      |    |                     |                   |                                |    |                     |             |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br/>Keine<br/>None</p>   |                   |                                |                   |                              |    |         |             |      |    |                     |                   |                                |    |                     |             |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br/>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>   |                   |                                |                   |                              |    |         |             |      |    |                     |                   |                                |    |                     |             |      |
| 10 | <p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br/>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br/>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 / Reuse in degree courses:</b><br/>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br/>Prof. Dr.-Ing. Stefan Krauter</p>  |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Energy Transition:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen &amp; Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen<br/>Lecture combined with practical examples &amp; simulations; Excursion to see applications in practice.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>Sämtliche Präsentationen und Übungen sowie zusätzliches Material befinden sich in PAUL.<br/><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 *Journals: Renewable Energy, Elsevier; IEEE Transactions on Power Systems</i></p> <p><b>Bemerkungen</b><br/>Exkursion zu einem praktischen Projekt (z.B. Pumpspeicherkraftwerk)</p> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a><br/><i>Other notes of course Energy Transition:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>Lecture combined with practical examples &amp; simulations; Excursion to see applications in practice.</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>All presentations and exercises plus additional resources are available on PAUL.<br/><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 *Journals: Renewable Energy, Elsevier; IEEE Transactions on Power Systems</i></p> <p><b>Comments</b><br/>Excursion to a practical project (e.g., pumped hydro storage (PHS))</p> |

### Intelligent Control of Electricity Grids

Intelligent Control of Electricity Grids

2 Module im Masterstudiengang

|   |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.22002                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>   | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> | <b>Sprache / Teaching Language:</b> |                                    |                          |                                    |
|   | 1.-3. Semester  | 1  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 1                                       | <b>Modulstruktur / Module structure:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Lehrveranstaltung</b>  | <b>Lehr-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.22002<br>Intelligent Control of Electricity Grids   | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Intelligent Control of Electricity Grids  | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 4                                       | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Intelligent Control of Electricity Grids:<br/>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> |  |                                     |                                    |                          |                                    |

## 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>• In dieser Veranstaltung lernen die Studierenden die Probleme heutiger sowie die Zielsetzungen und Anforderungen zukünftiger automatisierter Energieversorgungssysteme kennen. Dazu werden spezielle, repräsentative Fragestellungen exemplarisch herangezogen, mit denen wichtige Probleme auch zukünftiger Netze diskutiert werden können.</li> <li>• Tagesaktuelle Ereignisse in und um die "Automatisierung elektrischer Netze" werden selbstverständlich zur Einschätzung der Lehrinhalte diskutiert.</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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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 | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik |
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Fette, Michael, Dr. –Ing. habil.  |
| 13 | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b>  |

| Leistungselektronik                   |   |                               |                               |                           |                  |                           |
|---------------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|
| Power Electronics                     |   |                               |                               |                           |                  |                           |
| Modulnummer /<br>Module number:       | Workload (h):   | Leistungspunkte /<br>Credits: | Turnus / Regular Cycle:       |                           |                  |                           |
| M.048.22006                           | 180   | 6                             | Sommersemester<br>summer term |                           |                  |                           |
| Studiensemester /<br>Semester number: | Dauer (in Sem.) /<br>Duration (in sem.):                        | Sprache / Teaching Language:  |                               |                           |                  |                           |
| 1.-3. Semester                        | 1   | de / en                       |                               |                           |                  |                           |
| 1                                     | <b>Modulstruktur / Module structure:</b>                        |                               |                               |                           |                  |                           |
|                                       | Lehrveranstaltung   | Lehr-<br>form                 | Kontakt-<br>zeit (h)          | Selbst-<br>studium<br>(h) | Status<br>(P/WP) | Gruppen-<br>größe<br>(TN) |
| a)                                    | L.048.22006<br>Leistungselektronik                              | 2V<br>2Ü,<br>SS               | 60                            | 120                       | WP               | 50                        |
|                                       | Course  | form of<br>teachin            | contact-<br>time (h)          | self-<br>study<br>(h)     | status<br>(C/CE) | group<br>size<br>(TN)     |
| a)                                    | Power Electronics   | 2L<br>2Ex,<br>SS              | 60                            | 120                       | CE               | 50                        |
| 2                                     | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None |                               |                               |                           |                  |                           |

|   |   |
|---|---|
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</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> |

| 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><br/>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><br/>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"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> 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;">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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br>keine  |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None  |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.  |
| 10 | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).  |
| 11 | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik   |
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker   |
| 13 | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br><b>Modulseite</b><br><a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a><br><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Leistungselektronik:</i><br><b>Methodische Umsetzung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Wechsel aus Tafelanschrieb und vorbereiteter Präsentation</li> <li>• Gruppenübungen</li> <li>• Rechnerübungen im Computerraum</li> </ul> <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br>Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. <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><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://www1ea.upb.de">http://www1ea.upb.de</a><br/> <i>Other notes of course Leistungselektronik:</i><br/> <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><br/> 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> |
|--|

| Leistungselektronische Stromversorgungen |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|--|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Switched mode power supplies             |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>  | <b>Workload (h):</b>                                       | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.22016                              | 180  | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|  | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>              | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                       | L.048.22016<br>Leistungselektronische<br>Stromversorgungen | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | P                        | 50                                 |
|  | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                       | Switched Mode Power Sup-<br>plies                          | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | C                        | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 2 | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |
| 3 | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine  |
| 4 | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Leistungselektronische Stromversorgungen:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Vorlesung behandelt grundlegende Schaltungstopologien von potentialtrennenden leistungselektronischen Stromversorgungen sowie deren Modellbildung und Regelung.<br><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><br><i>Contents of the course Leistungselektronische Stromversorgungen:</i><br><b>Short Description</b><br>The course covers basic circuit topologies of electronic power supplies with electric isolation as well as their modeling and control.<br><b>Contents</b> <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><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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> |                               |                              |                   |                              |    |                                |                               |      |
|----|--|-------------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------|------|
| 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 1523 1422 1697"> <thead> <tr> <th data-bbox="277 1523 363 1619">zu</th> <th data-bbox="363 1523 975 1619">Prüfungsform</th> <th data-bbox="975 1523 1198 1619">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1198 1523 1422 1619">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="277 1619 363 1697">a)</td> <td data-bbox="363 1619 975 1697">Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td data-bbox="975 1619 1198 1697">120-180 min<br/>oder 30-45 min</td> <td data-bbox="1198 1619 1422 1697">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 | 120-180 min<br>oder 30-45 min | 100% |
| zu | Prüfungsform   | Dauer bzw. Umfang             | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |                                |                               |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung   | 120-180 min<br>oder 30-45 min | 100%                         |                   |                              |    |                                |                               |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|  |   |                             |                                       |
|--|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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<br>30-45 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><br>keine   |                             |                                       |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |                             |                                       |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.   |                             |                                       |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |                             |                                       |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |                             |                                       |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Dr.-Ing. Frank Schafmeister  |                             |                                       |
| 13   | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br><br><b>Modulseite</b><br><a href="http://www.lea.upb.de">http://www.lea.upb.de</a><br><b>Methodische Umsetzung</b> <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><br><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br>Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. |                             |                                       |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |
|---|
| <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://www1ea.upb.de">http://www1ea.upb.de</a></p> <p><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><br/>           Lecture slides and skript, further literature will be announced within the lecture.</p> |
|---|

| Mensch-Haus-Umwelt                      |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Men-House-Environment                   |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                           | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.22007                             | 180  | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.22007<br>Mensch-Haus-Umwelt              | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>                                  | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Men-House-Environment                          | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b> |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | None   |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|   |  |
|---|--|
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Außer den üblicherweise im Rahmen der B. Sc. erworbenen Kenntnissen sind keine weiteren Vorkenntnisse erforderlich. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p>   |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Mensch-Haus-Umwelt:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>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.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>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.</p> <p><i>Contents of the course Mensch-Haus-Umwelt:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/><b>Contents</b></p> |
| 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>   |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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<br/>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"/> 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: 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;">120-180 min or<br/>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 | 120-180 min<br>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<br>30-45 min | 100% |
|----|---|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|-----------------------------|-----------------------------|------|
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang             | Gewichtung für die Modulnote   |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung  | 120-180 min<br>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<br>30-45 min   | 100%                           |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>  |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Stefan Krauter</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p>Modulseite / Module Homepage <b>Modulseite</b><br/> <a href="http://www.nek.upb.de/lehre/projektarbeiten/mensch-haus-umwelt">http://www.nek.upb.de/lehre/projektarbeiten/mensch-haus-umwelt</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Mensch-Haus-Umwelt:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>           Im Rahmen der in Form einer Frontalvorlesung angebotenen Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den Grundlagen und den Berechnungsverfahren vertraut gemacht, die dann im Rahmen der Übungen vertieft werden.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>           Zur Veranstaltung wird ein umfassendes Skript zur Verfügung gestellt in dem gezielt weitere Quellen zur Vertiefung benannt sind.<br/>           Zur Veranstaltung wird ein umfassendes Skript zur Verfügung gestellt in dem gezielt weitere Quellen zur Vertiefung benannt sind.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://www.nek.upb.de/lehre/projektarbeiten/mensch-haus-umwelt">http://www.nek.upb.de/lehre/projektarbeiten/mensch-haus-umwelt</a><br/> <i>Other notes of course Mensch-Haus-Umwelt:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/> <b>Teaching Material, Literature</b></p> |
|----|---|

| Messstochastik                          |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Statistics in measurement               |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.22008                             | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.22008<br>Messstochastik                 | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | Course   | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) |
|----|--|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| a) | Measuring Stochastics  | 2L<br>2Ex,<br>SS | 60               | 120            | CE            | 50              |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |                  |                  |                |               |                 |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Vorkenntnisse aus dem Modul Messtechnik werden erwartet Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  |                  |                  |                |               |                 |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Messstochastik:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>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.<br><b>Inhalt</b><br>Die Vorlesung Messstochastik behandelt folgende Themen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Messstochastik</li> <li>• Stochastische Prozesse in nichtlinearen Systemen</li> <li>• Geräte der Messstochastik</li> <li>• Probleme der endlichen Messzeit</li> <li>• Anwendungen: Signalerkennung im Rauschen, Worterkennung durch partielle Autokorrelation, Systemidentifikation, Flammüberwachung, Ortung, Lecksuche in Leitungen, Trennung stochastischer Summenprozesse, Laufzeit- und Geschwindigkeitsmessung bei starren und turbulenten sowie stationären und instationären Bewegungsabläufen, Rehocence- und Cepstrumverfahren, Sensoren zur korrelativen Geschwindigkeitsmessung, FTIR-Spektrometer als optischer Korrelator</li> </ul><br><i>Contents of the course Messstochastik:</i><br><b>Short Description</b><br><b>Contents</b> |                  |                  |                |               |                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>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><br/>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>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
|----|--|--|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|---|---------------------------------------|------|
| 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%; 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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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%; 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 or Presentation</td> <td style="text-align: center;">120-180 min or<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>   |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Dietmar Wetzlar</p>  |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Messstochastik:</i></p> <p><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> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a><br/><i>Other notes of course Messstochastik:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/><b>Teaching Material, Literature</b></p> |

| Solar Electric Energy Systems           |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Solar Electric Energy Systems           |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.22013                             | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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.048.22013<br>Solarelektrische Energiesysteme   | 2V<br>2Ü,<br>SS         | 60                      | 120                      | 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) | Solar Electric Energy Systems  | 2L<br>2Ex,<br>SS        | 60                      | 120                      | CE                   | 50                       |  |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine   |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 4  | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Solarelektrische Energiesysteme:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>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> |                         |                         |                          |                      |                          |  |

## 2 Module im Masterstudiengang

*Contents of the course Solarelektrische Energiesysteme:*

### **Short Description**

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.

### **Contents**

1. Potentials, Irradiance, Shadowing
2. Concentration, Solar thermal systems
3. Principle of photovoltaic conversion, making of solar cells, characteristics of photovoltaic conversion devices
4. Manufacturing of solar modules, characteristics, performance
5. PV systems: wiring, inverters, grid-connected system configurations
6. PV systems: Mounting, BoS, Off- vs. On-grid grid Systems, Costs
7. Market development of PV: off-grid markets, markets triggered by feed-in tariffs (FiT), self-sustainable markets, cost and price development
8. Simulation of PV Systems and Microgrids via the HOMER software
9. Performance: optical, thermal and electrical modeling, simulation, measurement
10. Durability of PV modules and systems: Standards, tests, degradation effects
11. Energy Storage
12. Set-up methods for large scale PV power plants
13. PV for general electricity supply: Predictability, combination with other energy sources, Modification, Load Management
14. Excursion to a solar research unit or a solar project

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

### **Fachkompetenz:**

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

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

### **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><br/>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><br/>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><br/> <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 1057"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1214 1422 1424"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br/>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br/>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br/>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</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><b>Modulseite</b><br/><a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Solarelektrische Energiesysteme:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen &amp; Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen /</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>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> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a><br/><i>Other notes of course Solarelektrische Energiesysteme:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>Lecture combined with practical examples &amp; simulations; Excursion to see applications in practice</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>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

2 Module im Masterstudiengang

|   |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                                      | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.22010                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>             | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.22010<br>Umweltmesstechnik                          | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Environmental Monitoring<br>and Measuring Technologies    | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | C                        | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>            |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine   |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|   |  |
|---|--|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Umweltmesstechnik:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Die immer intensivere Nutzung natürlicher Ressourcen führt zur zunehmenden Belastung der Umwelt. Im Rahmen dieser Lehrveranstaltung wird die Problematik an Hand ausgewählter Wirkungsmechanismen bezogen auf die Wirkungsorte bzw. Lebensräume beispielhaft behandelt. Die jeweils relevanten Messgrößen werden charakterisiert und die zur Bestimmung geeigneten Messprinzipien und -verfahren beschrieben. Speziell konzentrieren sich die Ausführungen auf die messtechnische Bestimmung der Kontamination und Überwachung von Luft, Gewässer und Böden.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <p>Die Vorlesung Umweltmesstechnik behandelt folgende Themen:</p> <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> |
| 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>• 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></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,</li><li>• können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,</li><li>• sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li></ul>  |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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>120-180 min<br/>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"/> 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: 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<br/>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 | 120-180 min<br>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<br>30-45 min | 100% |
|----|---|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|-----------------------------|-----------------------------|------|
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang             | Gewichtung für die Modulnote   |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung  | 120-180 min<br>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<br>30-45 min   | 100%                           |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>  |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Umweltmesstechnik:</i></p> <p><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><br/>                 Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a></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>* Aktuelle Themen aus der Mustererkennung und maschinellem Lernen / Topics in Pattern Recognition and Machine Learning</li> <li>* Biomedizinische Messtechnik /</li> <li>* Digital Image Processing I / Digital Image Processing I</li> <li>* Digital Image Processing II / Digital Image Processing II</li> <li>* Fahrerassistenzsysteme / Driver Assistance Systems</li> <li>* Kognitive Sensorsysteme / Cognitive Sensor Systems</li> <li>* Robotik / Robotics</li> <li>* Statistische und maschinelle Lernverfahren / Statistical and Machine Learning</li> <li>* Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel / Cognitive Systems Engineering - Special Topics</li> <li>* Topics in Audio, Speech, and Language Processing / Topics in Audio, Speech, and Language Processing</li> </ul> |
| Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor | Prof. Mertsching, Bärbel, Dr.-Ing.  |
| Leistungspunkte / Credits ECTS              | 6   |

2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue      Kognitive Systeme / Cognitive Systems

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.

| <b>Advanced Topics in Robotics</b>      |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|---|--|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Advanced Topics in Robotics             |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |
| M.048.23020                             | 180  | 6  |                              | Wintersemester<br>winter term       |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>                      | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.23020<br>Advanced Topics in Robotics                         | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Advanced Topics in Robotics  | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                           | 120                                 | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None    |  |                              |                                     |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine |  |                              |                                     |                          |                                    |

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced Topics in Robotics:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Die Veranstaltung Advanced Topics in Robotics baut auf dem Kurs Robotics auf. Sie führt die teilnehmenden Studierenden an aktuelle Forschungsfragen im Bereich autonomer und teleoperierter mobiler Roboter zur Lösung interdisziplinärer Probleme heran. Die Herausforderungen für die Entwicklung intelligenter mobiler Systeme werden analysiert und aktuelle Lösungen vorgestellt.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <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> <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></p> <p>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></p> <p>Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in C.</p>  |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | <p><b>Domain competence:</b><br/>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><br/>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>a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung</td> <td>120-180 min<br/>oder 30-45 min</td> <td>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"/> 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: 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<br/>30-45 min</td> <td>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 | 120-180 min<br>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<br>30-45 min | 100% |
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang             | Gewichtung für die Modulnote   |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung  | 120-180 min<br>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<br>30-45 min   | 100%                           |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>  |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br/>Prof. Dr. Bärbel Mertsching</p>   |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced Topics in Robotics:</i></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><br/>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>• Siegart, Roland; Nourbakhsh, Illah R. and Scaramuzza, David: Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2011, ISBN-13: 978-0262015356</li> </ul> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir</a><br/><i>Other notes of course Advanced Topics in Robotics:</i></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><br/>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>• Siegart, Roland; Nourbakhsh, Illah R. and Scaramuzza, David: Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2011, ISBN-13: 978-0262015356</li> </ul> |

### Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen

Topics in Pattern Recognition and Machine Learning

2 Module im Masterstudiengang

|   |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.23018                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>   | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.23018<br>Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen  | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Topics in Pattern Recognition and Machine Learning  | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Vorkenntnisse aus dem Modul Statistische Signale. Wünschenswert, aber nicht notwendig sind Kenntnisse aus dem Modul Statistische Lernverfahren und Mustererkennung Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |  |                                     |                                    |                          |                                    |

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen:*

**Kurzbeschreibung**

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

- Schätzung von Modellen mit verborgenen Variablen, um eine in den Daten vermutete zugrundeliegende innere Struktur zu entdecken
- Bias-Varianz Dilemma und Abtausch von Detailgenauigkeit der Modelle und Generalisierungsfähigkeit
- Grafische Modelle
- Sequentielle Daten und hidden Markov Modelle
- Spezielle Klassifikationsaufgaben (z.B. automatische Spracherkennung) Während der erste Teil der Veranstaltung aus dem üblichen Vorlesungs-/Übungsschema besteht, werden die Studenten im zweiten Teil aktuelle Veröffentlichungen lesen, analysieren und präsentieren. Dies kann häufig auch die Realisierung von Algorithmen in Matlab umfassen.

**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 mit Anwendungen in der Spracherkennung
- Aktuelle Veröffentlichungen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen

*Contents of the course Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen:*

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

**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
- 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>                               | <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</td> <td style="text-align: center;">120-180 min<br/>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"/> 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: 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;">120-180 min or<br/>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 | 120-180 min<br>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<br>30-45 min | 100% |
| zu | Prüfungsform   | Dauer bzw. Umfang   | Gewichtung für die Modulnote   |  |    |              |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung                                       | 120-180 min<br>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<br>30-45 min   | 100%                           |  |    |              |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> | keine   |                                |  |    |              |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/topics-in-pattern-recognition-and-machine-learning/">http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/topics-in-pattern-recognition-and-machine-learning/</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner</li> <li>• 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

|  |                  |
|--|------------------|
| <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/topics-in-pattern-recognition-and-machine-learning/">http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/topics-in-pattern-recognition-and-machine-learning/</a><br/> <i>Other notes of course Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, occasional presentations of (powerpoint) slides ,</li> <li>• Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer</li> <li>• Instructions how to read and analyze scientific publications in this field</li> <li>• Autonomous analysis of publications and presentation of results and gained insight</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</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> | <p>learning/</p> |
|--|------------------|

| Biomedizinische Messtechnik             |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Biomedical measuring technologies       |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                           | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.23003                             | 180  | 6  | Ungelistet<br>unlisted              |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> | <b>Sprache / Teaching Language:</b> |                                    |                          |                                    |
|   | 1-3  | 1  | de                                  |                                    |                          |                                    |
| 1                                       | <b>Modulstruktur / Module structure:</b>       |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Lehrveranstaltung</b>                       | <b>Lehr-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.23003<br>Biomedizinische Messtechnik     |  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>                                  | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      |  |  | 60                                  | 120                                |                          | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b> |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine / None                                   |  |                                     |                                    |                          |                                    |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine / None</p>  |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Biomedizinische Messtechnik:</i><br/>         Kurzbeschreibung / Short Description Die Lehrveranstaltung Biomedizinische Messtechnik konzentriert sich auf die Bestimmung von Mess und Kenngrößen zur Charakterisierung des physiologischen Zustands von Menschen. Die wichtigsten Messmethoden zur Erfassung von Vitalinformationen werden beschrieben. Wichtige Tomografieverfahren (Sonografie, NMR-, Röntgentomografie) werden hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Anwendungsgebiete charakterisiert.<br/>         Inhalt / Contents Die Vorlesung Biomedizinische Messtechnik behandelt folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nervensystem, Reizleitung, Ruhe- und Aktionspotential</li> <li>• Aufbau der Haut und deren elektrischen Eigenschaften</li> <li>• Blut, Blutkreislauf und Messmethoden zur Messung von Puls, Blutdruck und Blutflussgeschwindigkeit</li> <li>• Elektrodiagnostische Verfahren (EKG, EMG, EEG, EOG, ENG)</li> <li>• Computer-Röntgentomografie, Magnetresonanztomografie</li> <li>• Sonografie</li> <li>• Audiometrie</li> </ul> |
| 5 | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>Fachkompetenz / Domain competence: Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Wirkungsmechanismen zur Entstehung von bioelektrischen und biomagnetischen Signalen sowie deren Ausbreitung durch den Körper zu verstehen,</li> <li>• die Grundlagen und Anwendbarkeit elektrodiagnostischer Verfahren einzuschätzen,</li> <li>• wichtige Tomografieverfahren zu charakterisieren.</li> </ul> <p>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications: 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

|    |   |   |  |                                       |
|----|---|---|--|---------------------------------------|
| 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 (Klausur) oder 30-45 min (mündliche Prüfung) oder 30 min (Referat) | 100%                                  |
|    | <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)              |   |  |                                       |
|    | zu  | <b>Type of examination</b>                  | <b>Duration or scope</b>   | <b>Weighting for the module grade</b> |
|    | a)  |   |  | 100%                                  |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>  |   |  |                                       |
|    | keine   |   |  |                                       |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>  |   |  |                                       |
|    | Keine / None  |   |  |                                       |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / 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 / Reuse in degree courses:</b>  |   |  |                                       |
|    | keine   |   |  |                                       |
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>   |   |  |                                       |
|    | Prof. Dr. Bernd Henning   |   |  |                                       |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p>Modulseite / Module Homepage <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Biomedizinische Messtechnik:</i><br/>           Methodische Umsetzung / Implementation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Praktische Arbeit in Gruppen mittels Messtechnik im Labor Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</li> </ul> |
|----|---|

| Digital Image Processing I              |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|---|--|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Digital Image Processing I              |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                           | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |
| M.048.23002                             | 180  | 6  |                              | Wintersemester<br>winter term       |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.23002<br>Digital Image Processing I      | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>                                  | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Digital Image Processing I                     | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                           | 120                                 | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b> |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | Keine  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | None   |  |                              |                                     |                          |                                    |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |  |
|---|--|
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p>  |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Digital Image Processing I:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>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><br/>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><br/>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><br/>Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in C und C++.</p>   |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | <p><b>Domain competence:</b><br/>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><br/>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"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>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 / Reuse in degree courses:</b><br/>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>   |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br/>Prof. Dr. Bärbel Mertsching</p>   |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Digital Image Processing I:</i></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><br/>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> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I</a><br/><i>Other notes of course Digital Image Processing I:</i></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><br/>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> |

2 Module im Masterstudiengang

| <b>Digital Image Processing II</b>      |   |  |                              |                                     |                          |                                    |
|---|---|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Digital Image Processing II             |   |  |                              |                                     |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |
| M.048.23016                             | 180   | 6  |                              | Sommersemester<br>summer term       |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>   | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.23016<br>Digital Image Processing II  | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Digital Image Processing II   | 2L<br>2Ex,<br>SS                                 | 60                           | 120                                 | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | Keine<br>None   |  |                              |                                     |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>   |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Kenntnisse der Bildverarbeitung Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</li> </ul> |  |                              |                                     |                          |                                    |

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Digital Image Processing II:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>         Die Veranstaltung "Digital Image Processing II" stellt ein Modul im Katalog "Kognitive Systeme" für Fortgeschrittene im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar. Die Veranstaltung baut auf dem Basismodul "Digital Image Processing I" auf und beschreibt Methoden zur Merkmalsextraktion und Objekterkennung.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wavelets und Mehrebenenverfahren (Bildpyramiden, Wavelet-Transformation)</li> <li>• Bildsegmentation (Linien- und Kantendetektion, Schwellwertverfahren, Regionen-basierte Segmentierung, Wasserfall-Verfahren, Bewegung)</li> <li>• Repräsentation und Beschreibung (Kettencodes, Signaturen, Konturbeschreibungen, Flächenskriptoren)</li> <li>• Stereo Image Analysis (Tiefenwahrnehmung, Stereogeometrie, Korrespondenzproblem)</li> <li>• Bewegungsschätzung (optischer Fluss, Bewegungsmodelle, Bewegungssegmentation)</li> <li>• Objekterkennung (Objektbeschreibungen, Klassifikatoren, probabilistische Ansätze)</li> </ul> <p><i>Contents of the course Digital Image Processing II:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>         The course "Digital Image Processing II" is a module in the catalog "Cognitive Systems" for advanced students of the Electrical Engineering Master's program and related courses of studies. It follows the fundamental course "Digital Image Processing I" and describes methods for feature extraction and object recognition.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wavelets and multiresolution processing (Image pyramids, Wavelet transforms)</li> <li>• Image segmentation (Line- and edge detection, thresholding, region-based segmentation, watershed algorithm, motion)</li> <li>• Representation and description (chain codes, signatures, contour descriptors, regional descriptors)</li> <li>• Stereo Image Analysis (depth perception, stereo geometry, correspondence problem)</li> <li>• Motion estimation (optical flow, motion models, motion segmentation)</li> <li>• Object recognition (object descriptions, classifiers, probabilistic approaches)</li> </ul> |
| 5 | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>         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><br/>         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>   |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | <b>Domain competence:</b>  | <p>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></p> <p>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>  |                                |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
|----|--|--|--------------------------------|--|----|--------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|---|---------------------------------------|------|
| 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 style="background-color: #f2f2f2;"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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 style="background-color: #f2f2f2;"> <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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min  | 100%                           |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>                                     | keine  |                                |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> | Keine<br>None  |                                |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b>                | Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>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).   |                                |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 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 / Reuse in degree courses:</b><br/>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>   |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br/>Prof. Dr. Bärbel Mertsching</p>   |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Digital Image Processing II:</i></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>• Im Übungsteil implementieren, testen und verwenden die Studierenden die vorgestellten Verfahren.</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):</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 ImageProcessing. Prentice Hall, 3rd ed., 2007. ISBN-13: 978-0131687288</li> <li>• Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7.Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514</li> </ul> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II</a><br/><i>Other notes of course Digital Image Processing II:</i></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>• During the subsequent exercise / lab part the participants will implement, test, and apply the presented methods.</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>Lecture notes, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</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 ImageProcessing. Prentice Hall, 3rd ed., 2007. ISBN-13: 978-0131687288</li> <li>• Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7.Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514</li> </ul> |

### Fahrerassistenzsysteme

Driver Assistance Systems

2 Module im Masterstudiengang

|   |   |  |                              |                                     |                          |                                    |
|---|---|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |
| M.048.23004                             | 180   | 6  |                              | Wintersemester<br>winter term       |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>   | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.23004<br>Fahrerassistenzsysteme   | 4S,<br>WS  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Driver Assistance Systems   | 4S,<br>WS  | 60                           | 120                                 | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | Keine<br>None   |  |                              |                                     |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>   |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Abgeschlossener 1. Studienabschnitt (Semester 1-4 der verschiedenen Studiengänge)</li> <li>Interesse an den angebotenen Themen Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</li> </ul>   |  |                              |                                     |                          |                                    |
| 4                                       | <b>Inhalte / Contents:</b>  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Fahrerassistenzsysteme:</i><br/>Das Themenspektrum umfasst die eingesetzten Technologie wie z.B. Kamertechnologie, lauffzeitbasierte Messverfahren und Radar sowie Anwendungen wie z.B. intelligenter Tempomat, automatische Notbremse, automatisches Einparken, Out of Position Detektion und Biometrische Identifikation.</p> |  |                              |                                     |                          |                                    |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | <p><i>Contents of the course Fahrerassistenzsysteme:</i><br/>The range of topics includes the deployed technologies, such as camera technology, run-time base measuring systems and radar as well as application such as intelligent cruise control, automatic emergency break, automatic/machine-aided parking, out-of-position detection, and biometric identification.</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
|----|--|--|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|---|---------------------------------------|------|
| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>Das Seminar Fahrerassistenzsysteme behandelt Technologien und Anwendungen zur Unterstützung des Fahrers im Automobil. Dazu sollen von den Studenten/innen selbstständig verschiedene Themen erarbeitet, in einem Seminarpapier erläutert und in einem Vortrag präsentiert werden. Einführende Literatur zu den einzelnen Themengebieten wird dabei gestellt. Die Studenten/innen sollen durch die Teilnahme am Seminar einige wichtige Bereiche der Fahrerassistenzsysteme kennen lernen. Dies umfasst sowohl die eingesetzten Sensor-Technologien als auch die Anwendungen. Darüber hinaus werden Aspekte zur Präsentations- und Vortragstechnik vermittelt.</p> <p>The seminar Driver assistance systems introduces technologies and applications for assisting drivers in their vehicles. Students are expected to independently work out several topics, explain them in a seminar paper and give a presentation on their work. A list of preliminary literature on each of the topics will be provided. This seminar is intended to introduce students to some of the important areas of driver assistance systems, including their application and deployed sensor technologies. In addition, aspects of presentation and lecture techniques are communicated.</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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> 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: 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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
|    | None  |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br/>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>  |
| 10 | <p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br/>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br/>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br/>Dr. Ulrich Büker</p>   |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="https://getwww.uni-paderborn.de/teaching/fas">https://getwww.uni-paderborn.de/teaching/fas</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Fahrerassistenzsysteme:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Teilnehmer/innen sollen selbstständig die angebotenen Themen erarbeiten und im Seminar vorstellen.</li> </ul> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="https://getwww.uni-paderborn.de/teaching/fas">https://getwww.uni-paderborn.de/teaching/fas</a><br/><i>Other notes of course Fahrerassistenzsysteme:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Participants are expected to independently work out the offered topics and present their work in the seminar.</li> </ul> |

| Kognitive Sensorsysteme                 |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Cognitive Sensor Systems                |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.23006                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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.048.23006<br>Kognitive Sensorsysteme  | 2V<br>2Ü,<br>WS         | 60                      | 120                      | 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) | Cognitive Systems   | 2L<br>2Ex,<br>WS        | 60                      | 120                      | CE                   | 50                       |  |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine  |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 4  | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Kognitive Sensorsysteme:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>Im Bereich der Informationsverarbeitung sind oft große Datenmengen zu verarbeiten und hieraus entsprechendes Wissen zu extrahieren. Homogene oder heterogene Sensorsysteme dienen als Informationsquellen. Oft werden Objekteigenschaften auch verbal beschrieben. Eine Daten reduzierende Verarbeitung stellt neues und präziseres Wissen bereit. Eine Synergie der Messinformation mehrerer Sensoren zur Lösung einer Detektions, Klassifikations oder Identifikationsaufgabe erweitert die Wahrnehmungsfähigkeit erhöht die Glaubwürdigkeit und damit die Betriebssicherheit. Methoden der multivarianten Datenanalyse und Anwendung künstlicher neuronaler Netze sind hierbei wichtige Hilfsmittel.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>Die Vorlesung Kognitive Sensorsysteme behandelt folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation und Begriffe</li> <li>• Informationsfusion, Sensorintegration und Datenfusion. o Beispiel: Umfeldwahrnehmung (Kfz, Robotik)</li> <li>• Hauptkomponentenanalyse (PCA) oMathematischeGrundlagen oHerleitung der PCA oDatenreduktion,-rekonstruktion o Beispiel: Farbestimmung aus Spektralwerten</li> <li>• Künstliche neuronale Netze (KNN) o Mehrlagiges Perzeptron-Netzwerk o Strukturen, Back Propagation-Algorithmus, Lernstrategien o Mustererkennung, Interpolation o Beispiel: Elektrische-Impedanz-Tomografie (EIT)</li> </ul> |                         |                         |                          |                      |                          |  |

2 Module im Masterstudiengang

|    | <p><i>Contents of the course Kognitive Sensorsysteme:</i><br/> <b>Short Description</b><br/> <b>Contents</b></p>  |                               |                                |    |              |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
|----|---|-------------------------------|--------------------------------|----|--------------|-------------------|------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|-----------------------------|-----------------------------|------|
| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe Aufgaben aus dem Bereich Multivariate Datenanalyse zu analysieren und zu beurteilen sowie eigene Lösungen zu entwickeln,</li> <li>• Künstlicher Neuronaler Netze sowohl zur Mustererkennung, als auch zur Lösung von Interpolationsaufgaben (indirekte Messung) einzusetzen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b><br/> 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>   |                               |                                |    |              |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 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>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<br/>oder 30-45 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <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<br/>30-45 min</td> <td>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 | 120-180 min<br>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<br>30-45 min | 100% |
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang             | Gewichtung für die Modulnote   |    |              |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung  | 120-180 min<br>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<br>30-45 min   | 100%                           |    |              |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>  |                               |                                |    |              |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine</p>  |                               |                                |    |              |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
|    | None   |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Dietmar Wetzlar</p>   |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Kognitive Sensorsysteme:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung an interaktiver Präsentationstafel mit schrittweiser Entwicklung umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Die behandelten Verfahren werden in Kleingruppen anhand laborpraktischer Übungen aus den Bereichen Prozess- und Ultraschallmesstechnik, Spektroskopie und Geräuschanalyse vertieft.</li> <li>• Präsentationen und Diskussion der arbeiteten (Zwischen-)Ergebnisse in von Studierenden moderierten Besprechungen</li> </ul> <p>**Lernmaterialien, Literaturangaben * Es wird Begleitmaterial bereitgestellt, das in der Vorlesung zu ergänzen ist. Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung und auf wichtige Publikationen werden gegeben.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a><br/><i>Other notes of course Kognitive Sensorsysteme:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/><b>Teaching Material, Literature</b></p> |

| Robotik                         |               |                               |                               |
|---------------------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Robotics                        |               |                               |                               |
| Modulnummer /<br>Module number: | Workload (h): | Leistungspunkte /<br>Credits: | Turnus / Regular Cycle:       |
| M.048.23010                     | 180           | 6                             | Sommersemester<br>summer term |

2 Module im Masterstudiengang

|    |   |   |  |                          |                      |                          |
|----|---|---|--|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|    | <b>Studiensemester / Semester number:</b><br>1.-3. Semester   | <b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b><br>1 | <b>Sprache / Teaching Language:</b><br>de / 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.048.23010<br>Robotik  | 2V<br>2Ü,<br>SS                                   | 60   | 120                      | 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) | Robotic   | 2L<br>2Ex,<br>SS                                  | 60   | 120                      | CE                   | 50                       |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |   |  |                          |                      |                          |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine  |   |  |                          |                      |                          |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Robotik:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Veranstaltung "Robotik" stellt ein Basismodul im Katalog "Kognitive Systeme" im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar. Die Veranstaltung stellt grundlegende Konzepte und Techniken im Bereich der mobilen Robotik vor. Die Herausforderungen für die Entwicklung autonomer intelligenter Systeme werden analysiert und die aktuellen Lösungen vorgestellt.<br><b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensoren, Effektoren, Aktoren</li> <li>• Homogene Koordination, allgemeine Transformationen, Denavit-Hartenberg Parameter</li> <li>• Kinematik und Dynamik von Roboterarmen und mobilen Robotern</li> </ul> |   |  |                          |                      |                          |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   | <p><i>Contents of the course Robotik:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>The course “Robotics” is a fundamental module in the catalog “Cognitive Systems” of the Electrical Engineering Master’s program and related courses of studies. The course introduces basic concepts and techniques in the field of mobile robotics. The challenges for the development of autonomous intelligent systems will be analyzed and the current solutions will be presented.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Homogenous coordinates, general transformations, Denavit-Hartenberg parameters</li> <li>• Kinematics and dynamics of robot arms and mobile robots</li> </ul>   |                              |              |                   |                              |    |   |  |      |
|----|---|--|------------------------------|--------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|
| 5  |   | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können grundlegende Verfahren aus der Regelungstechnik und der Systemtheorie auf Roboter übertragen und</li> <li>• beherrschen die Methoden zur Beschreibung sowie der Planung und Steuerung von Bewegungen von Roboterarmen und mobilen Robotern.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b><br/>Die Studierenden können die Funktion und das Verhalten von Robotern und ihre Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld unter ethischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten erkennen und bewerten.</p> <p><b>Domain competence:</b><br/>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 the adequate methods to describe as well as plan and control the movements of robot arms and mobile robots.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b><br/>The students are able to identify and evaluate the function and behavior of robots and their integration into the social and economic environment while also considering ethical aspects.</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: 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<br/>oder 30-45 min<br/>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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform                                | Dauer bzw. Umfang  | Gewichtung für die Modulnote |              |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min   | 100%                         |              |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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><br>keine   |                                    |                                |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |                                    |                                |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed. |                                    |                                |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |                                    |                                |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |                                    |                                |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr. Bärbel Mertsching  |                                    |                                |

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Robotik:</i></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><br/>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>• Siegart, Roland; Nourbakhsh, Illah R. and Scaramuzza, David: Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2011, ISBN-13: 978-0262015356</li></ul> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik</a><br/><i>Other notes of course Robotik:</i></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><br/>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>• Siegart, Roland; Nourbakhsh, Illah R. and Scaramuzza, David: Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2011, ISBN-13: 978-0262015356</li></ul> |
|----|--|

**Statistische und maschinelle Lernverfahren**

Statistical and Machine Learning

2 Module im Masterstudiengang

|   |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.23012                             | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>   | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.23012<br>Statistische und maschinelle<br>Lernverfahren  | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Statistical Learning and Pat-<br>tern Recognition   | 2L<br>2Ex,<br>SS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Vorkenntnisse aus der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale. Wünschenswert sind auch Programmierkenntnisse. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|   |  |
|---|--|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Statistische und maschinelle Lernverfahren:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Die Veranstaltung Statistische und maschinelle Lernverfahren 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></p> <p><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 Statistische und maschinelle Lernverfahren:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>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></p> <p><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 der Lehrveranstaltung 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
- Haben ein grundlegendes Verständnis von maschinellen Lernverfahren
- Können Programmbibliotheken zur Realisierung von Klassifikatoren (z.B. neuronale Netze, Support Vector Machines) sinnvoll anwenden und eigene Programme schreiben
- können für eine vorgegebene Trainingsdatenmenge eine sinnvolle Wahl für die Dimension des Merkmalsvektors und die Komplexität des Klassifikators zu treffen.

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

Die Studierenden

- Haben Fertigkeiten in Python erworben, die sie auch außerhalb dieser Anwendungsdomäne einsetzen können
- Haben ein Verständnis für das Prinzip der Parsimomität 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 course 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>                               | <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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min  | 100%                           |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b> | keine  |                                |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/statistical-methods-for-learning-and-pattern-recognition">http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/statistical-methods-for-learning-and-pattern-recognition</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Statistische und maschinelle Lernverfahren:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/> <i>Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, 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><br/>         Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Lösungen der Übungsaufgaben und Beispielimplementierungen von Algorithmen werden zur Verfügung gestellt.<br/> <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><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/statistical-methods-for-learning-and-pattern-recognition">http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/statistical-methods-for-learning-and-pattern-recognition</a><br/> <i>Other notes of course Statistische und maschinelle Lernverfahren:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/> <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><br/>           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<br/> <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> |
|---|

| Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel |   |  |                              |   |                          |                                    |
|--|---|--|------------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|
| Cognitive Systems Engineering - Special Topics     |   |  |                              |   |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>            | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>                    |                          |                                    |
| M.048.23019  | 180   | 6  |                              | Sommer- / Wintersemester<br>summer- / winter term |                          |                                    |
|  | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>                     | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>                | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)   | L.048.23019<br>Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                           | 120   | WP                       | 50                                 |
|  | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>                    | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)   | Cognitive Systems Engineering - Special Topics                    | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                           | 120   | CE                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |  |
|---|--|
| 2 | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |
| 3 | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine - aber Interesse am Seminarthema und interdisziplinärer Arbeit Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.   |
| 4 | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>In der Veranstaltung werden aktuelle Themen aus der Forschung zu technischen kognitiven Systemen behandelt.<br><b>Inhalt</b><br>Das Modul wird in drei Teilen angeboten. Es sind zwei aus drei Teilen zu wählen. Jeder Teil hat einen Umfang von 2 SWS bzw. 3 Leistungspunkten. <ul style="list-style-type: none"><li>• Cognitive Systems Engineering A - Visual Attention (L.048.90701 für MS ESE) Im Wintersemester findet ein Projektseminar statt, welches in die Modellierung und experimentelle Erforschung von visueller Aufmerksamkeit und damit die Forschung an den Lehrstühlen GET Lab und Kognitionspsychologie einführt. Dabei soll auch gezeigt werden, wie über die Grenzen von Disziplinen hinweg gemeinsam geforscht werden kann. Der Schwerpunkt liegt aktuell auf dem Thema Salienz.</li><li>• Cognitive Systems Engineering B (L.048.90702 für MS ESE) Im Sommersemester wird ein Projektseminar mit wechselnden Themen aus aktuellen Forschungsprojekten angeboten.</li><li>• Cognitive Systems Engineering C - GET Forschungsseminar (L.048.62008 für MS ESE) Im Sommersemester und im Wintersemester finden verschiedene Präsentationen statt: aktuelle Zwischenberichte und Ergebnisse aus laufenden Studien- und Diplomarbeiten, Forschungsvorhaben und Drittmittelprojekten aus dem Forschungsbereich Technische Kognitive Systeme; Vorträge von Gästen der Arbeitsgruppe. Hinweis: Die hier genannten Kursnummern sind nicht für den dt. Master Elektrotechnik relevant. Studierende dieses Studiengangs wählen (unabhängig von den gewünschten Veranstaltungen) den generischen Kurs L.048.23019.</li></ul> |

## 2 Module im Masterstudiengang

*Contents of the course Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:*

### **Short Description**

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

### **Contents**

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

- Cognitive Systems Engineering A - Visual Attention (L.048.90701 für MS ESE) In the winter semester a project seminar takes place which introduces students to the modeling and experimental research of visual attention, and thus to current research at the chairs of GET Lab and Cognitive Psychology. It is also intended to demonstrate the possibility of joint research across boundaries of different disciplines. The current focus lies on salience.
- Cognitive Systems Engineering B (L.048.90702 für MS ESE) In the summer semester a second project seminar with varying topics from current research projects is offered.
- Cognitive Systems Engineering C - GET Research Seminar (L.048.62008 for MS ESE) In summer semester and winter semester various presentations take place: current interim reports and results of seminar papers and diploma theses in progress, research projects and third-party funded projects focusing on research in the field of technical cognitive systems; lectures by guests of the GET Lab. Hint: The course numbers here are extraneous for the German 'Master Elektrotechnik'. Students of this degree course choose (independent of the desired course) the course number L.048.23019.

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

### **Fachkompetenz:**

Die Studierenden

- können grundlegende Fragestellungen für den Entwurf und die Implementierung von technischen kognitiven Systemen benennen,
- sind in der Lage, technische kognitive Systeme zu verwenden und zu evaluieren und
- können einfache psychophysikalische Experimente interpretieren, entwerfen, durchführen und auswerten.

### **Fachübergreifende Kompetenzen:**

Die Studierenden

- sind in der Lage (englischsprachige) Fachliteratur zu recherchieren,
- haben ein Verständnis für die fachspezifischen Forschungsansätze (Elektrotechnik/ Informatik/ Psychologie) entwickelt und
- haben ein kritisches Verständnis darüber, inwiefern die Nachahmung biologischer kognitiver Prozesse in technischen Systemen sinnvoll ist.

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | <p><b>Domain competence:</b><br/>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to name basic research topics related to the 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><br/>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• are able to research and evaluate (English) technical literature,</li> <li>• have developed an understanding of the discipline-related research approaches (computer science, electrical engineering, psychology) and</li> <li>• are able to carefully consider the potential use of bio-inspired mechanisms in technical systems.</li> </ul>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |  |  |      |
|----|---|--|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|--|--|------|
| 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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1245 1422 1451"> <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 Presentati-<br/>on</td> <td>120-180 min or<br/>30-45 min or 30<br/>min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% | zu | Type of examination | Duration or scope | Weighting for the module grade | a) | Written or Oral Examination or Presentati-<br>on | 120-180 min or<br>30-45 min or 30<br>min | 100% |
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote   |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |  |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat   | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |  |  |      |
| zu | Type of examination   | Duration or scope                            | Weighting for the module grade |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |  |  |      |
| a) | Written or Oral Examination or Presentati-<br>on  | 120-180 min or<br>30-45 min or 30<br>min     | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |  |  |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |  |  |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |  |  |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |  |  |      |

## 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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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>Modulseite</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>CSE A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden; kleine Programmierbeispiele; Entwicklung und Durchführung von psychophysischen Experimenten</li> <li>• Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden CSE B + C:</li> <li>• Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>CSE A: Auszug</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Backer, G. (2003) Modellierung visueller Aufmerksamkeit im Computer Sehen: Ein zweistufiges Selektionsmodell für ein Aktives Sehsystem. Dissertation U Hamburg [<a href="http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2004/2226/">http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2004/2226/</a>]. (Letzter Zugriff: 25.02.2016).</li> <li>• Itti, L., Rees, G. &amp; Tsotsos (2005): Neurobiology of Attention (sections Foundations and Systems). Amsterdam (Elsevier) 3-196 resp. 547-676.</li> </ul> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse</a><br/><i>Other notes of course Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>CSE A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentations and discussions by the participants; small programming examples, development and realization of psychophysical experiments CSE B + C:</li> <li>• Presentations and discussions by the participants</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>CSE A: Excerpt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Backer, G. (2003) Modellierung visueller Aufmerksamkeit im Computer Sehen: Ein zweistufiges Selektionsmodell für ein Aktives Sehsystem. Dissertation U Hamburg [<a href="http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2004/2226/">http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2004/2226/</a>]. (Letzter Zugriff: 25.02.2016).</li> <li>• Itti, L., Rees, G. &amp; Tsotsos (2005): Neurobiology of Attention (sections Foundations and Systems). Amsterdam (Elsevier) 3-196 resp. 547-676.</li> </ul> |

2 Module im Masterstudiengang

| Topics in Audio, Speech and Language Processing |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|---|--|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Topics in Audio, Speech and Language Processing |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>         | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |
| M.048.23021                                     | 180  | 6  |                              | Ungelistet<br>unlisted              |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>                      | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)  | L.048.23021<br>Topics in Audio, Speech and<br>Language Processing  | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)  | Topics in Audio, Speech and<br>Language Processing                 | 2L<br>2Ex,<br>SS                                 | 60                           | 120                                 | CE                       | 50                                 |
| 2   | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None    |  |                              |                                     |                          |                                    |
| 3   | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine |  |                              |                                     |                          |                                    |

|   |  |
|---|--|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Topics in Audio, Speech and Language Processing:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>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.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <p>Beispiele für solche Themen sind:</p> <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></p> <p>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></p> <p>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 for 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><br/>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><br/>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> |  |                              |                   |                              |    |   |  |      |
|----|---|--|------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|
| 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 1393 1422 1603"> <thead> <tr> <th data-bbox="277 1393 363 1491">zu</th> <th data-bbox="363 1393 975 1491">Prüfungsform</th> <th data-bbox="975 1393 1198 1491">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1198 1393 1422 1491">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="277 1491 363 1603">a)</td> <td data-bbox="363 1491 975 1603">Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td data-bbox="975 1491 1198 1603">120-180 min<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td data-bbox="1198 1491 1422 1603">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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat   | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   | <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)   | <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) | <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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%  |
| 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><br>keine   |  |   |
| 8   | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |  |   |
| 9   | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden sind.<br>The credit points are awarded after all module examinations (MTP) were passed. |  |   |
| 10  | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |  |   |
| 11  | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |  |   |
| 12  | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr. Reinhold Häb-Umbach  |  |   |
| 13  | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b>   |  |   |

### 2.4.3 Kommunikationstechnik

Katalogname / Name of catalogue

Kommunikationstechnik / Communications

Module / Modules

\* Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik /  
Selected Topics of Theoretical Electrical Engineering

\* Digitale Sprachsignalverarbeitung / Digital Speech Signal  
Processing

## 2 Module im Masterstudiengang

---

|   |   |
|---|---|
| Katalogname / Name of catalogue             | Kommunikationstechnik / Communications  |
|   | <ul style="list-style-type: none"><li>* Elektromagnetische Feldsimulation / Simulation of Electromagnetic Fields</li><li>* Feldberechnung 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>* Videotechnik / Video Technology</li><li>* Wireless Communication / Wireless Communication</li></ul> |
| Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor | Prof. Hüb-Umbach, Reinhold, Dr.-Ing.  |
| Leistungspunkte / Credits ECTS              | 6   |
| 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>                                 |

2 Module im Masterstudiengang

Katalogname / Name of catalogue      Kommunikationstechnik / Communications

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.

| Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik  |  |  |                              |   |                          |                                    |
|---|--|--|------------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|
| Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering |  |  |                              |   |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>               | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>                    |                          |                                    |
| M.048.24023   | 180  | 6  |                              | Sommer- / Wintersemester<br>summer- / winter term |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>                          | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>                | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)  | L.048.24023<br>Ausgewählte Kapitel der<br>theoretischen Elektrotechnik | 2V<br>2Ü,<br>WS+SS                               | 60                           | 120   | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>                    | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)  | Selected Topics of Theoreti-<br>cal Electrical Engineering             | 2L<br>2Ex,<br>WS+SS                              | 60                           | 120   | CE                       | 50                                 |
| 2   | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>                         |  |                              |   |                          |                                    |
|   | Keine  |  |                              |   |                          |                                    |
|   | None   |  |                              |   |                          |                                    |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Vorkenntnisse aus dem Pflichtmodul Theoretische Elektrotechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p>   |
| 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><b>Contents</b></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>• 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>Fachübergreifende Kompetenzen:**</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

| 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>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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Denis Sievers</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>                 Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die daneben aber auch einen großen Anteil an Feldvisualisierungen enthält. In den Übungen wird die Theorie anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>                 Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a><br/> <i>Other notes of course Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/> <b>Teaching Material, Literature</b></p> |
|----|--|

| Digitale Sprachsignalverarbeitung       |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Digital Speech Signal Processing        |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                                     | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.24001                             | 180  | 6  | Sommersemester<br>summer term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>            | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
|   | a) L.048.24001<br>Digitale Sprachsignalver-<br>arbeitung | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | Course   | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) |
|----|--|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| a) | Digital Speech Signal Processing   | 2L<br>2Ex,<br>SS | 60               | 120            | CE            | 50              |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |                  |                  |                |               |                 |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Vorkenntnisse aus dem Modul Höhere Mathematik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.   |                  |                  |                |               |                 |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Veranstaltung führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur digitalen Sprachsignalverarbeitung ein. Schwerpunkt des ersten Teils der Vorlesung liegt im Themengebiet „Hören und Sprechen“, welches sich mit psychologischen Effekten der Geräuschwahrnehmung und der Spracherzeugung beschäftigt. Anschließend werden zeitdiskrete Signale und Systeme, sowie deren rechnergestützte Verarbeitung besprochen. Die nichtparametrische Kurzzeitanalyse von Sprachsignalen, die Sprachcodierung und die IP-Telefonie sind weitere Themen.<br><b>Inhalt</b> <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>• Kurzzeitanalyse 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 Kompondierung (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

|    | <b>Domain competence:</b>  | <p>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></p> <p>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  | <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="text-align: center;">a)</td> <td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min  | 100%                           |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>                                     | keine  |                                |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> | Keine<br>None  |                                |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b>                | <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/digitale-sprachsignalverarbeitung/">http://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/digitale-sprachsignalverarbeitung/</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i></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><br/>         Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/digitale-sprachsignalverarbeitung/">http://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/digitale-sprachsignalverarbeitung/</a><br/> <i>Other notes of course Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i></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><br/>         Allocation of a script; information on textbooks ; matlab scripts</p> |

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

2 Module im Masterstudiengang

|    |  |   |   |                          |                      |                          |
|----|--|---|---|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|    | <b>Studiensemester / Semester number:</b><br>1.-3. Semester  | <b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b><br>1 | <b>Sprache / Teaching Language:</b><br>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<br>Elektromagnetische Feldsimulation   | 2V<br>2Ü,<br>WS+SS                                | 60  | 120                      | 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) | Simulation of Electromagnetic Fields   | 2L<br>2Ex,<br>WS+SS                               | 60  | 120                      | CE                   | 50                       |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |   |   |                          |                      |                          |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Modulen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |   |   |                          |                      |                          |

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>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.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>wie folgt</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung</li><li>• Motivation</li><li>• Klassifizierung von Lösungsmethoden</li><li>• Numerische Ansätze</li><li>• Grundlagen der Methode der finiten Integration</li><li>• Gitter-Maxwellgleichungen</li><li>• Eigenschaften der Diskretisierungsmatrizen</li><li>• Randbedingungen</li><li>• Lösung elektromagnetischer Feldprobleme</li><li>• Statische Felder</li><li>• Zeitveränderliche Felder</li><li>• Zeitharmonische Felder (Frequenzbereich)</li><li>• Transiente Felder (Zeitbereich)</li></ul> <p><i>Contents of the course Elektromagnetische Feldsimulation:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/><b>Contents</b></p> |
|---|---|

| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>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><br/>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><br/>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 Finite Integration method on physical problems</li> <li>• to physically interpret and visualise the obtained results</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 1220 1422 1429"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1585 1422 1794"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br>keine   |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.   |
| 10 | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |
| 11 | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Dr.-Ing. Denis Sievers   |
| 13 | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br><b>Modulseite</b><br><a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a><br><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation:</i><br><b>Methodische Umsetzung</b><br>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.<br><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br>Vorlesungsfolien und Tafelanschie<br><br><b>Module Homepage</b><br><a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a><br><i>Other notes of course Elektromagnetische Feldsimulation:</i><br><b>Implementation</b><br><b>Teaching Material, Literature</b> |

| <b>Feldberechnung mit der Randelementmethode</b> |                      |                                       |   |
|--|----------------------|---------------------------------------|---|
| Field Computation Using Boundary Element Method  |                      |                                       |   |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>          | <b>Workload (h):</b> | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b> | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>                    |
| M.048.24013                                      | 180                  | 6                                     | Sommer- / Wintersemester<br>summer- / winter term |

2 Module im Masterstudiengang

|    |  |   |   |                          |                      |                          |
|----|--|---|---|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|    | <b>Studiensemester / Semester number:</b><br>1.-3. Semester  | <b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b><br>1 | <b>Sprache / Teaching Language:</b><br>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.048.24013<br>Feldberechnung mit der Randelementmethode   | 2V<br>2Ü,<br>WS+SS                                | 60  | 120                      | 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) | Field Computation Using Boundary Element Method  | 2L<br>2Ex,<br>WS+SS                               | 60  | 120                      | CE                   | 50                       |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |   |   |                          |                      |                          |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Modulen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden<br>Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |   |   |                          |                      |                          |

|          |   |
|----------|---|
| <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 (Darstellungsforneln 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><b>Contents</b></p> |
| <p>5</p> | <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>Domain competence:</b><br/>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 Boundary Element method on physical problems</li> <li>• to physically interpret and visualise the obtained results</li> </ul>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
|----|--|--|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|---|---------------------------------------|------|
| 6  | <p><b>Prüfungsleistung / Assessments:</b><br/> <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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> 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: 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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br/>keine</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br/>Keine<br/>None</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br/>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 10 | <p><b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br/>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br/>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Dr.-Ing. Denis Sievers   |
| 13 | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br><b>Modulseite</b><br><a href="http://tet.upb.de/">http://tet.upb.de/</a><br><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode:</i><br><b>Methodische Umsetzung</b><br>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.<br><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.<br><br><b>Module Homepage</b><br><a href="http://tet.upb.de/">http://tet.upb.de/</a><br><i>Other notes of course Feldberechnung mit der Randelementmethode:</i><br><b>Implementation</b><br><b>Teaching Material, Literature</b> |

| Hochfrequenztechnik                     |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| High Frequency Engineering              |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.24007                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.24007<br>Hochfrequenztechnik            | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | Course   | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) |
|----|--|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| a) | High-Frequency Engineering   | 2L<br>2Ex,<br>WS | 60               | 120            | CE            | 50              |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |                  |                  |                |               |                 |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Keine   |                  |                  |                |               |                 |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Hochfrequenztechnik:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Diese Vorlesung vermittelt anwendungsorientierte Kenntnisse in der Hochfrequenztechnik. Ferner werden Kenntnisse über aktive und passive Hochfrequenzschaltungen vermittelt.<br><b>Inhalt</b><br>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 Mehrport, Mischer, Oszillatoren, Synchronisation und Phasenregelschleife.<br><br><i>Contents of the course Hochfrequenztechnik:</i><br><b>Short Description</b><br>This lecture gives application-oriented knowledge in high frequency engineering. Furthermore, it gives knowledge in active and passive high-frequency circuits.<br><b>Contents</b><br>The lecture High-Frequency Engineering (4 SWS, 6 ECTS credit points) extends the content of the lecture Theoretische Elektrotechnik by further application-relevant knowledge. The aim is to qualify the students for development tasks for example in the radio frequency part of a mobile telephone. But considerations of high-frequency engineering are also needed in prevalent digital circuits. The emphases of the lecture are passive devices, high-frequency properties of fundamental transistor circuits, linear and nonlinear amplifiers, noisy multiports, mixers, oscillators, injection-locking and phase-locked loop |                  |                  |                |               |                 |

| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachliche Kompetenzen:</b><br/>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><br/>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<br/>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" data-bbox="279 1171 1422 1379"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="279 1541 1422 1749"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/><a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Hochfrequenztechnik:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>Vorlesung und Übung</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>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> |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |
|---|
| <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/> <i>Other notes of course Hochfrequenztechnik:</i><br/> <b>Implementation</b><br/> Lecture and exercise<br/> <b>Teaching Material, Literature</b><br/> 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 /<br/>Module number:</b>                                  | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.24018  | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |                                    |                          |                                    |
|  | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>   | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)   | L.048.24018<br>Numerische Simulation mit<br>der Discontinuous Galerkin<br>Time Domain Methode | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|  | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)   | Numerical Simulations with<br>the Discontinuous Galerkin<br>Time Domain                       | 2L<br>2Ex,<br>SS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |  |
|---|--|
| 2 | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |
| 3 | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Gute Kenntnisse der Maxwellgleichungen, ihrer Eigenschaften und Lösungen auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen". Mathematische Grundkenntnisse in Differentialgleichungen und Vektoranalysis. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.<br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:</i><br>Gute Kenntnisse der Maxwellgleichungen, ihrer Eigenschaften und Lösungen auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen". Mathematische Grundkenntnisse in Differentialgleichungen und Vektoranalysis. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |

4 **Inhalte / Contents:**

Kurzbeschreibung / Short Description Die Veranstaltung bietet eine Einführung in die fortgeschrittene und leistungsfähige numerische Methode der Discontinuous Galerkin Methode im Zeitbereich. Mit dieser lassen sich zeit-räumliche Phänomene wie elektromagnetische Feldausbreitung und andere durch partielle Differentialgleichungen beschreibbare Effekte effizient simulieren. This course provides an introduction to the sophisticated and powerful Discontinuous Galerkin method in time domain. With this numerical technique it is possible to describe spatiotemporal effects like electromagnetic field propagation and other physical models which can be described by partial differential equations. Inhalt / Contents Inhalt

- Einführung, Motivation
- Grundlagen der Discontinuous Galerkin Methode
- Linear Systeme
- Theoretische Grundlagen, Diskrete Stabilität
- Numerische Probleme, Stabilität
- Höhere Ordnungen, Globale Eigenschaften
- Simulation elektromagnetischer Felder Contents
- Introduction, Motivation, History
- Basic elements of the Discontinuous Galerkin Method
- Linear systems \* Theory foundation and discrete stability
- Nonlinear problems and properties
- Higher order, global problems
- Application to electromagnetic field simulation

*Inhalte der Lehrveranstaltung Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:*

**Kurzbeschreibung**

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.

**Inhalt**

- Einführung, Motivation
- Grundlagen der Discontinuous Galerkin Methode
- Linear Systeme
- Theoretische Grundlagen, Diskrete Stabilität
- Numerische Probleme, Stabilität
- Höhere Ordnungen, Globale Eigenschaften
- Simulation elektromagnetischer Felder

*Contents of the course Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:*

**Short Description**

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.

**Contents**

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

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

**Fachkompetenz:**

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

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

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

Die Studierenden

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

**Domain competence:**

After attending the course, the student will be able to

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

**Key qualifications:**

The students

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

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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;">90-150 min<br/>oder 20-30 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> <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: 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;">90-150 min or<br/>20-30 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 | 90-150 min<br>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<br>20-30 min | 100% |
|----|---|------------------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----|--------------------------------|------------------------------|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|-----------------------------|----------------------------|------|
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang            | Gewichtung für die Modulnote   |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung  | 90-150 min<br>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<br>20-30 min   | 100%                           |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>  |                              |                                |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |                              |                                |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |                              |                                |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>   |                              |                                |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr. Yevgen Grynko</p>   |                              |                                |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |

2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>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>Other notes of course Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>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                |   |  |                              |                                     |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |
| M.048.24019                             | 180   | 6  |                              | Sommersemester<br>summer term       |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.24019<br>Optical Waveguide Theory       | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>                                 | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Optical Waveguide Theory                      | 2L<br>2Ex,<br>SS                                 | 60                           | 120                                 | CE                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |  |
|---|--|
| 2 | <p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optical Waveguide Theory:</i><br/>           Grundlagen der Elektrodynamik (auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen"), Mathematische Grundlagen (Bachelor Niveau) Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p>  |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optical Waveguide Theory:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>           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> |

*Contents of the course Optical Waveguide Theory:*

**Short Description**

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.

**Contents**

- Photonics / integrated optics, dielectric waveguides: introductory examples, motivation.
- Brush up on mathematical tools.
- Maxwell equations, survey of different formulations; classes of simulation tasks.
- Normal modes of dielectric optical waveguides, orthogonality, completeness, scattering matrices, reciprocal circuits.
- Examples for dielectric optical waveguides (multilayer slabs, integrated optical channels, fibers), bent waveguides, whispering gallery resonances.
- Coupled mode theory, conventional codirectional, and hybrid analytical / numerical variant, perturbations of optical waveguides.
- Optional, brief remarks on: boundary conditions, initial value problems (beam propagation method), waveguide discontinuities (BEP/QUEP simulations), photonic crystal waveguides & fibers, plasmonic waveguides.

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

**Fachkompetenz:**

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

- Systeme der integrierten Optik und Photonik mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)
- analytische Lösungsmethoden und Näherungsverfahren zu identifizieren, anzuwenden und zu validieren (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren)
- die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu bewerten (Evaluieren)
- theoretische Modelle für Systeme der integrierten Optik und Photonik zu entwickeln und deren Gültigkeit zu validieren (Synthetisieren, Evaluieren)

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

Die Studierenden

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

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |  |  |   |  |                                       |
|---|--|--|---|--|---------------------------------------|
|   | <b>Domain competence:</b>  | <p>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> |   |  |                                       |
|   | <b>Key qualifications:</b>   | <p>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 | <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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                                  |
|   |  | <p>Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.</p>   |   |  |                                       |
|   |  | <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                                  |
|   |  | <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>   |   |  |                                       |
| 7 | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>                                     | keine  |   |  |                                       |
| 8 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> | Keine<br>None  |   |  |                                       |
| 9 | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b>                | Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.   |   |  |                                       |

## 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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr. Manfred Hammer</p>   |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://ei.uni-paderborn.de/tet/">http://ei.uni-paderborn.de/tet/</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Optical Waveguide Theory:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert; Übungen und Hausaufgaben vertiefen und ergänzen die Theorie.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://ei.uni-paderborn.de/tet/">http://ei.uni-paderborn.de/tet/</a><br/><i>Other notes of course Optical Waveguide Theory:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>The theoretical concepts will be presented as a lecture. The methods presented will be practiced in exercises classes and by means of homework assignments.</p> |

| Optimale und Adaptive Filter            |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Optimal and Adaptive Filters            |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.24010                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.24010<br>Optimal and Adaptive Filters   | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |

2 Module im Masterstudiengang

|    | Course   | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) |
|----|--|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| a) | Optimal and Adaptive Filters   | 2L<br>2Ex,<br>WS | 60               | 120            | CE            | 50              |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |                  |                  |                |               |                 |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Digitale Signalverarbeitung. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |                  |                  |                |               |                 |

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Optimal and Adaptive Filters:*

**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 Optimal and Adaptive Filters:*

**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

|   |  |  |   |  |                                       |
|---|--|--|---|--|---------------------------------------|
|   | <b>Domain competence:</b>  | <p>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>                           |   |  |                                       |
|   | <b>Key qualifications:</b>   | <p>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 | <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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                                  |
|   |  | <p>Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.</p>   |   |  |                                       |
|   |  | <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                                  |
|   |  | <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>   |   |  |                                       |
| 7 | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>                                     | keine  |   |  |                                       |
| 8 | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> | Keine<br>None  |   |  |                                       |
| 9 | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b>                | <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/optimale-und-adaptive-filter/Sonstige_Hinweise_der_Lehrveranstaltung_Optimal_and_Adaptive_Filters/">http://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/optimale-und-adaptive-filter/Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Optimal and Adaptive Filters:</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><br/>Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/optimale-und-adaptive-filter/Other_notes_of_course_Optimal_and_Adaptive_Filters/">http://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/optimale-und-adaptive-filter/Other notes of course Optimal and Adaptive Filters:</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><br/>Allocation of a script; information on textbooks; matlab scripts</p> |

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

2 Module im Masterstudiengang

|    |  |   |   |                          |                      |                          |
|----|--|---|---|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|    | <b>Studiensemester / Semester number:</b><br>1.-3. Semester  | <b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b><br>1 | <b>Sprache / Teaching Language:</b><br>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<br>Topics in Signal Processing   | 2V<br>2Ü,<br>WS                                   | 60  | 120                      | 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) | Topics in Signal Processing  | 2L<br>2Ex,<br>WS                                  | 60  | 120                      | CE                   | 50                       |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |   |   |                          |                      |                          |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  |   |   |                          |                      |                          |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>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.<br><b>Inhalt</b><br>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><br/>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><br/>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 dieser Veranstaltung werden Studenten mit aktuellen Forschungsthemen in der Signalverarbeitung vertraut gemacht. Studenten lernen, wissenschaftliche Veröffentlichungen zu verstehen und kritisch zu bewerten. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden.</p> <p>In this course, students will familiarize themselves with some current research topics in signal processing. They will learn to read and understand scientific publications and to critically evaluate results. Students will develop confidence in their ability to solve mathematical problems of analysis and design. They will be able to apply the principles they have learnt in this course to other areas.</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"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/><a href="http://sst.upb.de">http://sst.upb.de</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>Vorlesung und Übung mit aktiver Beteiligung der Studenten, Präsentationen von Studenten</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://sst.upb.de">http://sst.upb.de</a><br/><i>Other notes of course Topics in Signal Processing:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>Lectures and tutorials with active student participation, student presentations</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>References will be given in the first lecture.</p> |

| Videotechnik                            |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Video Technology                        |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.24011                             | 180   | 6  | Ungelistet<br>unlisted              |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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.048.24011<br>Videotechnik |                         | 60                      | 120                      | 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) |  |                             |                         | 60                      | 120                      |                      | 50                       |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |                             |                         |                         |                          |                      |                          |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Videotechnik:</i><br>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Digitale Signalverarbeitung und Übertragungstechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.<br>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Digital Signal Processing and Transmission Techniques. Information: Unless otherwise specified, these are recommendations. |                             |                         |                         |                          |                      |                          |

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Videotechnik:</i></p> <p>Kurzbeschreibung / Short Description Die Veranstaltung „Videotechnik“ führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur Aufnahme, Verarbeitung und Wiedergabe von Bewegtbildern über klassische analoge und digitale Verteilwege ein. Aufbauend auf den Grundlagen der Bildfeldzerlegung werden zunächst Bandbreitebedarfe, Standardisierungsbedingungen und eingeführte Systeme erläutert. Bezogen auf die Grundlagen des Sehens wird die Farbmatrik und die analoge und digitale Farbcodierung erläutert. Farbaufnahmetechniken und moderne Wiedergabesysteme ergänzen die Theorie. Digitale Bildsignale mit entsprechenden Datenreduktionsmechanismen (MPEG) bilden die Grundlage der modernen Übertragungsmethoden nach dem DVB (Digital Video Broadcasting) Verfahren. Die Prinzipien der magnetischen (VTR), optischen (DVD) und elektrischen Bildspeichersysteme werden erläutert. Auf 3-dimensionale Aufnahme- und Wiedergabetechniken wird eingegangen. The course “Video Technology” gives an introduction to the basic techniques and theories of taking , processing and reproduction of motion pictures and transmitting them via analogue and digital links. Starting with the basics of scanning necessary bandwidth and standards of intended systems are discussed. Depending on the colour vision system of the human eye science of colour and analogue and digital colour coding are described. Electronic camera systems and modern reproduction sets complements the theory. Digital picture transmission systems combined with data reduction (MPEG) are the main emphasis of modern transmission like DVB (Digital Video Broadcasting). Video tape recording (VTR), optical (DVD) and electrical picture storing systems are described. New 3 dimensional picture taking and viewing will be shown. Inhalt / Contents</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlagen des Sehens, Farbmatrik / Colour vision System; Basic Principles of Colour</li><li>• Bildfeldzerlegung und Abtastung / Basics of Picture Scanning</li><li>• Das Videosignal, Normen, Grundlagen der Farbvideotechnik / Video Signal, Standards, Basics of Colour Video Techniques</li><li>• Optisch-Elektrische Wandler, Digitalisierung / Electronic Cameras, Digitization</li><li>• Quellencodierung, Bilddatenreduktionsmethoden (MPEG) / Sourcecoding, Picture Data Reduction Systems</li><li>• Kanalcodierung und Übertragung, digitale Übertragungsmethoden (DVB) / Channelcoding and Transmission, Digital Transmission (MPEG)</li><li>• Empfängertechnik, Speicherprinzipien / Receivers and Storage</li><li>• 3-D Technologien / 3-D Technology</li></ul> |
|---|---|

| <p>5</p> | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemstellungen im Bereich Bildabtastung und Wiedergabe zu analysieren und Zusammenhänge mathematisch zu formulieren,</li> <li>• Datenreduktionsmechanismen zu beschreiben,</li> <li>• Bildübertragungssysteme (analog und digital) zu erläutern.</li> <li>• Farbmetrische Zusammenhänge zu erklären.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b><br/>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können theoretische Ergebnisse in praktische Realisierungen überprüfen,</li> <li>• können theoretische Ansätze mittels methodenorientiertem Vorgehen einer systematischen Analyse unterziehen und</li> <li>• sind durch die fundierte Betrachtung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b><br/>After attending the course, the students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analyze tasks in the field of basics of picture scanings and to formulate requirements mathematically,</li> <li>• describing of picture data reduction systems</li> <li>• declaring picture transmission systems.</li> <li>• describing basic principles of color</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b><br/>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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> |  |                              |                   |                              |    |   |  |      |
|----------|--|--|------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|
| <p>6</p> | <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="279 1523 1420 1736"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu       | Prüfungsform   | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a)       | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat  | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|  |   |                                    |                                       |
|--|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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%                                  |
| <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>       |   |                                    |                                       |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br>keine   |                                    |                                       |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |                                    |                                       |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed. |                                    |                                       |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |                                    |                                       |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |                                    |                                       |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>   |                                    |                                       |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://nt.upb.de/index.php?id=vt">http://nt.upb.de/index.php?id=vt</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Videotechnik:</i><br/>           Methodische Umsetzung / Implementation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafelinsatz und Präsentationen,</li> <li>• Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Tafelinsatz</li> <li>• Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung</li> <li>• Lectures using the blackboard and presentations,</li> <li>• Alternating theoretical and practical exercise classes with blackboard</li> <li>• Demonstration of real technical systems in the lecture hall. Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature Bereitstellung von elektronischen „Handouts“ auf CD.</li> </ul> <p>Literatur:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schönfelder, H Fernsehtechnik im Wandel Springer Verlag, Heidelberg 1996</li> <li>2. Schiller, Martin et.al INTERNET: Werkzeuge und Dienste Springer Verlag, Berlin 1994</li> <li>3. Mäusl, R. Digitale Modulationsverfahren Hüthig-Verlag, Heidelberg 1985</li> <li>4. Schönfelder, H. Bildkommunikation Springer Verlag, Heidelberg 1988</li> <li>5. Jens-Rainer Ohm Digitale Bildcodierung Springer Verlag, Berlin 1995</li> <li>6. Reimers, U. (Hrsg.) Digitale Fernsehtechnik (4. Auflage) Datenkompression und Übertragung für DVB Springer Verlag, Berlin 1995 / 2008</li> <li>7. Hentschel, H.J. Theorie und Praxis der Lichttechnik Hüthig-Verlag, Heidelberg 1982</li> <li>8. Lang, H. Farbmeterik und Farbsehen Oldenbourg Verlag, München 1978</li> <li>9. Tauer, Holger Stereo 3D: Grundlagen, Technik und Bildgestaltung Verlag Schiele&amp; Schön, Berlin 2011</li> </ol> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://nt.upb.de/index.php?id=vt">http://nt.upb.de/index.php?id=vt</a></p> |
|----|--|

| Wireless Communication                  |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Wireless Communication                  |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.24004                             | 180   | 6  | Ungelistet<br>unlisted              |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> | <b>Sprache / Teaching Language:</b> |
|   | 1-3   | 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.048.24004<br>Wireless Communication //<br>Wireless Communication |                         | 60                      | 120                      | 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) |   |  |                         | 60                      | 120                      |                      | 50                       |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>  |  |                         |                         |                          |                      |                          |
|    | Keine / None  |  |                         |                         |                          |                      |                          |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>   |  |                         |                         |                          |                      |                          |
|    | <p>Vorkenntnisse im Bereich digitaler Kommunikationssysteme, wie sie im Bachelor Studium Elektrotechnik oder verwandter Fächer vermittelt werden Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <p>Elementary knowledge digital communications, as is taught in Bachelor studies of Electrical Engineering or related disciplines Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</p> |  |                         |                         |                          |                      |                          |

4

**Inhalte / Contents:**

*Inhalte der Lehrveranstaltung Wireless Communication // Wireless Communication:*

**Kurzbeschreibung**

Die Veranstaltung Wireless Communications vermittelt den Studierenden einen Einblick in die Techniken zur zuverlässigen Kommunikation über zeit- und/oder frequenzselektive Funkkanäle. Dazu wird zunächst die physikalische und statistische Modellierung des Funkkanals dargestellt, die die Grundlage zum Verständnis der an diese Kanalbedingungen angepassten Übertragungsverfahren bildet. Anschließend werden die wichtigsten Übertragungs- und Empfangsprinzipien vorgestellt, insbesondere die verschiedenen Diversitätsverfahren:

- 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: GSM, UMTS und LTE.

**Inhalt**

- Überblick über Funkkommunikationssysteme
- Kanalmodellierung: langsames und schnelles Fading, nichtfrequenzselektive und frequenzselektive Kanäle, zeitdiskrete Kanalmodelle
- Zeitdiversität: Fehlerrate bei kohärentem und inkohärentem Empfang über nichtfrequenzselektiven Rayleigh-Funkkanal, Maximum Ratio Combiner
- Antennendiversität: Single input multiple output (SIMO), multiple input single output (MISO), multiple input multiple output (MIMO), Alamouti-Schema, Wiederholungscodierung vs. V-BLAST, suboptimale Empfänger
- Frequenzdiversität: Einträgerechnik mit Entzerrung oder Sequenzdetektion, Bandspreizung mit Pseudozufallsfolgen, RAKE-Empfänger, Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM). Diskussion der Vor/Nachteile der verschiedenen Verfahren
- Aktuelle Funkkommunikationssysteme: Global System for Mobile Communication (GSM), Universal Mobile Telecommunication System (UMTS), Long Term Evolution (LTE) Channel models
- Large-scale fading and small-scale fading
- Path loss models and link budget
- Small-scale fading channel models: frequency non-selective and frequency selective fading, Doppler spread, Rayleigh- and Ricefading, Coherence time and delay spread Detection
- Non-Coherent detection on a Rayleigh fading channel
- Coherent detection on a Rayleigh fading channel Time Diversity
- Repetition coding
- Error rate computation Space Diversity
- Receive diversity
- Transmit diversity
- MIMO Frequency Diversity
- Single-carrier transmission with sequence detection or equalization
- Direct sequence spread spectrum
- Orthogonal frequency division multiplexing Cellular Systems
- Narrowband cellular systems: GSM
- Wideband cellular systems: UMTS

## 2 Module im Masterstudiengang

*Contents of the course Wireless Communication // Wireless Communication:*

### **Short Description**

Wireless Communications presents an introduction into the fundamentals and practical systems in the field of wireless communications. Based on a thorough description of the characteristics of a wireless communication channel the principle approaches to reliable communication over frequency-nonselctive and frequency selective channels are presented, such as time diversity, space diversity (including MIMO) and frequency diversity. Practical cellular systems will also be described, such as GSM, UMTS and LTE.

Contents

5

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

Fachkompetenz / Domain competence: Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,

- Für eine gegebene physikalische Beschreibung eines Funkkanals ein zeitdiskretes statistisches Modell herzuleiten
- Die im Physical Layer verwendeten Techniken und Algorithmen der Funkkommunikation zu erklären
- Die grundlegenden Entwurfsentscheidungen für eine zuverlässige Kommunikation über zeitvariante frequenzselektive und nichtfrequenzselektive Funkkanäle zu verstehen
- Die in modernen zellulären Funkkommunikationssystemen genutzten Techniken für eine zuverlässige Kommunikation zu erkennen und deren Bedeutung einzuordnen
- Die Vor- und Nachteile verschiedener Übertragungsverfahren bzgl. Bandbreite-, Leistungseffizienz und Kanalausnutzung gegenüberzustellen
- Geeignete Übertragungsverfahren für vorgegebene Randbedingungen auszuwählen und zu entwerfen
- einfache Kommunikationssystem unter Nutzung moderner Programmsysteme (Matlab) zu simulieren und zu analysieren After completion of the course students will be able to
- Develop a discrete-time statistical channel model for a given physical description of a wireless communication channel
- Explain the techniques and algorithms used in the Physical Layer of a wireless communication system
- Understand the fundamental design options and decisions taken to realize reliable communication over time variant and frequency selective or nonselective fading channel
- Appreciate and categorize the techniques used in modern cellular communication systems to realize reliable communication
- Trade off the advantages and disadvantages of different transmission techniques with respect to bandwidth and power efficiency as well as number of users to be served
- Select and design an appropriate transmission technique for a wireless channel
- Simulate and analyze simple communication systems using modern software tools Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications: Die Studierenden
- Können das Konzept linearer Vektorräume über das Thema dieser Vorlesung hinaus auf andere Bereiche der digitalen Signalverarbeitung anwenden
- Können die in diesem Kurse gewonnenen Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der Datengenerierung, Simulation und Analyse von Signalverarbeitungseinheiten mittels moderner Programmiersysteme auf andere Disziplinen übertragen
- Können in einer Gruppe umfangreichere Aufgabenstellungen gemeinsam analysieren, in Teilaufgaben zerlegen und lösungsorientiert bearbeiten The students
- Can transfer and apply the concept of linear vector spaces to signal processing tasks other than for wireless communications
- Can apply the skills about the generation of data, simulation of systems and analysis of experimental results using modern software tools, that have been acquired in this course, to other disciplines
- Can work cooperatively in a team and subdivide an overall task into manageable subtasks and work packages

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 (Klausur) oder 30-45 min (mündliche Prüfung) oder 30 min (Referat) | 100%                                  |
|    | <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)              |   |  |                                       |
|    | zu  | <b>Type of examination</b>                  | <b>Duration or scope</b>   | <b>Weighting for the module grade</b> |
|    | a)  |   |  | 100%                                  |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>  |   |  |                                       |
|    | keine   |   |  |                                       |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>  |   |  |                                       |
|    | Keine / None  |   |  |                                       |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / 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 / Reuse in degree courses:</b>  |   |  |                                       |
|    | Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |   |  |                                       |
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>   |   |  |                                       |

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p>Modulseite / Module Homepage <a href="http://nt.uni-paderborn.de">http://nt.uni-paderborn.de</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Wireless Communication // Wireless Communication:</i><br/>         Methodische Umsetzung / Implementation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, sowie Folien-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner</li> <li>• Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig zeitdiskrete Kanalmodelle realisieren, Übertragungsverfahren simulieren, Testdaten auswerten und Ergebnisse präsentieren</li> <li>• Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, as well as presentations of (powerpoint) slides ,</li> <li>• Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer and Implementation of discrete-time channel models and building blocks of a wireless communication system using modern software tools; evaluation and presentation of the simulation results</li> </ul> <p>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Bereitstellung vorgefertigter Vorlesungsfolien. Lösungen der Übungsaufgaben und Beispielimplementierungen von Algorithmen werden zur Verfügung gestellt.</p> <p>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: Nachrichtenübertragung, Teubner, 2004</li> <li>• P. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Springer/Vieweg 2013</li> </ul> |
|----|--|

#### 2.4.4 Mikroelektronik

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 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> </ul> |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |  |
|---|--|
| Katalogname / Name of catalogue             | Mikroelektronik / Micro Electronics  |
| Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor | Prof. Hilleringmann, Ulrich, Dr.-Ing.  |
| Leistungspunkte / Credits ECTS              | 6  |
| Lernziele / Learning objectives             | <p>* RFID-Funketiketten Aufbau und Funktion / RFID Transponders</p> <p>* Schnelle integrierte Schaltungen für die digitale Kommunikation /</p> <p>* Technologie hochintegrierter Schaltungen / Technology of highly integrated circuits</p> <p>* Test hochintegrierter Schaltungen / VLSI Testing</p> <p>* Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen) / Application and theory of phase-locked loops (PLL Systems)</p> <p>Die Module des Katalogs vermitteln vertiefende Kenntnisse über die Entwicklung, die Simulation und den Entwurf integrierter Mikrosysteme und liefern den erfolgreich Studierenden die im Berufsfeld der Halbleitertechnik geforderten Kenntnisse zum Schaltungsentwurf und zur Entwicklung und Herstellung von Mikrosystemen.</p> <p>Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur problemorientierten Auswahl geeigneter Modelle zur Veranschaulichung und Simulation und die Fähigkeit zur Beurteilung logischer Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessteilen.</p> |

| Advanced VLSI Design                    |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Advanced VLSI Design                    |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.25021                             | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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.048.25021<br>Advanced VLSI Design  | 2V<br>2Ü,<br>WS         | 60                      | 120                      | 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) | Advanced VLSI Design   | 2L<br>2Ex,<br>WS        | 60                      | 120                      | CE                   | 50                       |  |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>   |                         |                         |                          |                      |                          |  |
|    | Keine<br>None  |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>  |                         |                         |                          |                      |                          |  |
|    | <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced VLSI Design:</i><br>Grundlagen der Digitaltechnik / Grundlagen des VLSI-Entwurfs Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.   |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b>   |                         |                         |                          |                      |                          |  |
|    | <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced VLSI Design:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über die moderne anwendungsorientierte Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese digitaler Systeme auf verschiedenen Abstraktionsebenen bis hin zum Chip-Layout.<br><b>Inhalt</b><br>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><i>Contents of the course Advanced VLSI Design:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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> |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr. Wolfgang Mueller</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <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><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced VLSI Design:</i></p> <p><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> <p><b>Module Homepage</b><br/> <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><br/> <i>Other notes of course Advanced VLSI Design:</i></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 /<br/>Module number:</b>                                 | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>                    |
| M.048.25016   | 180   | 6  | Sommer- / Wintersemester<br>summer- / winter term |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> | <b>Sprache / Teaching Language:</b>               |
|   | 1.-3. Semester                                | 1  | 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.048.25016<br>Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip | 2V<br>2Ü,<br>WS+SS      | 60                      | 120                      | 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)   | Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip                | 2L<br>2Ex,<br>WS+SS     | 60                      | 120                      | CE                   | 50                       |
| 2 | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |   |                         |                         |                          |                      |                          |
| 3 | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:</i><br>Digitaltechnik Test hochintegrierter Schaltungen Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  |   |                         |                         |                          |                      |                          |
| 4 | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>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.<br><b>Inhalt</b><br>Unter anderem werden die folgenden Themen behandelt:<br><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><br/>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><br/>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>Key qualifications:</b><br/>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> <p><b>Domain competence:</b><br/>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: D</b> 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> |

2 Module im Masterstudiengang

| 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>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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/><a href="http://www.date.upb.de/pages/en/teaching/homepage.php">http://www.date.upb.de/pages/en/teaching/homepage.php</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vorlesung mit Beamer und Tafel</li><li>• Selbstständige Ausarbeitung neuer Inhalte anhand aktueller Literatur</li><li>• Präsentation der neuen Inhalte im Rahmen eines Fachvortrags und</li><li>• Schriftliche Ausarbeitung</li></ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vorlesungsfolien</li><li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs</li><li>• Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Kluwer Academic Publishers,2000</li><li>• Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability,“ Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975</li><li>• Artikel aus Fachzeitschriften und Konferenzbänden / Articles from Journals and Conference Proceedings (e.g. IEEE Transactions on Computers, IEEE Transactions on CAD of Integrated Circuits and Systems, IEEE International Test Conference, etc.)</li></ul> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://www.date.upb.de/pages/en/teaching/homepage.php">http://www.date.upb.de/pages/en/teaching/homepage.php</a><br/><i>Other notes of course Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</li><li>• Self-study on recent approaches based on recent conference and journal publications</li><li>• Oral presentation</li><li>• Manuscript</li></ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lecture slides</li><li>• Additional material can be found in koala</li><li>• Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Kluwer Academic Publishers,2000</li><li>• Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability,“ Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975</li><li>• Artikel aus Fachzeitschriften und Konferenzbänden / Articles from Journals and Conference Proceedings (e.g. IEEE Transactions on Computers, IEEE Transactions on CAD of Integrated Circuits and Systems, IEEE International Test Conference, etc.)</li></ul> |
|----|---|

**Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits**

Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits

2 Module im Masterstudiengang

|   |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.079.4010                              | 180  | 6  | Sommersemester<br>summer term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.079.40101<br>Algorithms for Synthesis and<br>Optimization of Integrated<br>Circuits  | V3<br>Ü2,<br>SS                                  | 75                                  | 105                                | P                        | 30                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      |  | V3<br>Ü2,<br>SS                                  | 75                                  | 105                                | C                        | 30                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i><br>Empfohlen: Kenntnisse aus Digitaltechnik sind hilfreich.  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 4                                       | <b>Inhalte / Contents:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i><br>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. |  |                                     |                                    |                          |                                    |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | <p><i>Contents of the course Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i><br/>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>  |                              |                                |    |              |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
|----|---|------------------------------|--------------------------------|----|--------------|-------------------|------------------------------|----|--------------------------------|------------------------------|------|----|---------------------|-------------------|--------------------------------|----|-----------------------------|----------------------------|------|
| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b><br/>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><br/> <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</td> <td>90-120 min<br/>oder 30-45 min</td> <td>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"/> 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: 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>90-120 min or<br/>30-45 min</td> <td>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<br>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<br>30-45 min | 100% |
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang            | Gewichtung für die Modulnote   |    |              |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung  | 90-120 min<br>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<br>30-45 min   | 100%                           |    |              |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br/>keine</p>   |                              |                                |    |              |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br/>Keine<br/>None</p>  |                              |                                |    |              |                   |                              |    |                                |                              |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                            |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</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>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> * Vorlesungsfolien und Übungsblätter * Aufgabenblätter und technische Dokumentation für die Rechnerübungen * Micheli, Giovanni De. Synthesis and optimization of digital circuits. McGraw-Hill Higher Education, 1994. * Aktuelle Hinweise auf alternative und ergänzende Literatur, sowie Lehrmaterialien auf der Webseite und in den Vorlesungsfolien</p> <p><i>Other notes of course Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:</i></p> <p><b>Learning material, literature</b> * Lecture slides and exercise sheets * Exercise sheets and technical documentation for the for the computer-based exercises * Micheli, Giovanni De. Synthesis and optimization of digital circuits. McGraw-Hill Higher Education, 1994. * Information about alternative and additional literature as well as teaching material on the course's website and in the lecture slides</p> |

| Analoge CMOS-Schaltkreise               |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Analog CMOS ICs                         |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.25008                             | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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.048.25008<br>Analoge CMOS-Schaltkreise | 2V<br>2Ü,<br>SS         | 60                      | 120                      | 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) | Analog CMOS ICs  | 2L<br>2Ex,<br>SS                         | 60                      | 120                     | CE                       | 50                   |                          |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |  |                         |                         |                          |                      |                          |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Analoge CMOS-Schaltkreise:</i><br>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie und Systemtheorie. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |  |                         |                         |                          |                      |                          |

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><b>**Kurzbeschreibung</b><br/>Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse zur analogen Transistorschaltungstechnik mit besonderem Bezug zur CMOS-Technologie.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>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.<br/><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Analoge CMOS-Schaltkreise:</i></p> <p><b>Fachkompetenz</b><br/>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><br/>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>Short Description</b> The course provides basic knowledge on analogue circuit technology with particular regard to complementary MOS transistors.</p> <p><b>Contents</b><br/>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.<br/><i>Contents of the course Analoge CMOS-Schaltkreise:</i></p> <p><b>Domain competence:</b><br/>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><br/>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> |
|---|---|

| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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" data-bbox="279 1299 1420 1512"> <thead> <tr> <th data-bbox="279 1299 363 1395">zu</th> <th data-bbox="363 1299 975 1395">Prüfungsform</th> <th data-bbox="975 1299 1198 1395">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1198 1299 1420 1395">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="279 1395 363 1512">a)</td> <td data-bbox="363 1395 975 1512">Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td data-bbox="975 1395 1198 1512">120-180 min<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td data-bbox="1198 1395 1420 1512">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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform   | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat  | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)  | <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) | <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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%  |
| <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> |  |  |   |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br>keine  |  |   |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None  |  |   |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.  |  |   |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).  |  |   |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik   |  |   |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr. Andreas Thiede  |  |   |
| 13   | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br><b>Modulseite</b><br><a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html</a><br><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Analoge CMOS-Schaltkreise:</i><br><b>Methodische Umsetzung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegenderm 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> <b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br>A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Vorlesungsskript Universität Paderborn<br>A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Lecture Script University Paderborn <ul style="list-style-type: none"> <li>• Razavi, B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw Hill. 2001</li> </ul> |  |   |

## 2 Module im Masterstudiengang

|  |
|--|
| <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html</a><br/> <i>Other notes of course Analoge CMOS-Schaltkreise:</i><br/> <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><br/> 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> |
|--|

| <b>Hochfrequenzleistungsverstärker</b>  |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Radio Frequency Power Amplifiers        |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                                | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.25015                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>       | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.25015<br>Hochfrequenzleistungs-<br>verstärker | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>                                       | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Radio Frequency Power Am-<br>plifiers               | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 2 | <p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Hochfrequenzleistungs- verstärker:</i><br/>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie und Systemtheorie, Hochfrequenzelektronik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p>  |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Hochfrequenzleistungs- verstärker:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über den Entwurf integrierter Hochfrequenzleistungsverstärker insbesondere für Anwendungen in der Mobilkommunikation und der Sensorik.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>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> <p><i>Contents of the course Hochfrequenzleistungs- verstärker:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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> |  |                              |                   |                              |    |   |  |      |
|----|--|--|------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|
| 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="279 1523 1412 1724"> <thead> <tr> <th data-bbox="279 1523 359 1612">zu</th> <th data-bbox="359 1523 973 1612">Prüfungsform</th> <th data-bbox="973 1523 1197 1612">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1197 1523 1412 1612">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="279 1612 359 1724">a)</td> <td data-bbox="359 1612 973 1724">Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td data-bbox="973 1612 1197 1724">120-180 min<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td data-bbox="1197 1612 1412 1724">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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform   | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat  | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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><br>keine  |                                    |                                |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None  |                                    |                                |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.  |                                    |                                |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).  |                                    |                                |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik   |                                    |                                |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr. Andreas Thiede  |                                    |                                |
| 13   | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br><b>Modulseite</b><br><a href="http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/acc.html</a><br>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Hochfrequenzleistungs- verstärker:<br><b>Methodische Umsetzung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegenderm 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> **Lernmaterialien, Literaturangaben<br>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 |                                    |                                |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |
|---|
| <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/acc.html</a><br/> <i>Other notes of course Hochfrequenzleistungs- verstärker:</i><br/> <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><br/> A. Thiede, RF Power Amplifiers, Vorlesungsskript Universität Paderborn<br/> A. Thiede, RF Power Amplifiers, Lecture Script University Paderborn<br/> Steve C. Cripps, RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Artech House, 1999<br/> Stephen A. Maas, Nonlinear Microwave and RF Circuits, Artech House, 1997</p> |
|---|

| Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Integrated Circuits for Wireless Communications         |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>                 | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.25017   | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>                             | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)  | L.048.25017<br>Integrierte Schaltungen für<br>die drahtlose Kommunikation | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)  | Integrated Circuits for Wire-<br>less Communications                      | 2L<br>2Ex,<br>SS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 2 | <p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:</i><br/>Vorlesung Schaltungstechnik bzw. Circuit and System Design Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p>  |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>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 selbstständig in Teamarbeit als CAD-Übung unter Nutzung moderner Chip-Entwurfssoftware durchgeführt. Mobile communications, wireless networks, and RFID technology are application examples of wireless communications. Wireless communications has found widespread use in everyday life and will become even more important in the future.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>Die Vorlesung vermittelt den methodischen Entwurf von integrierten Schaltungen für die drahtlose Kommunikation. Ein Teil der Übungen wird als CAD-Übung unter Nutzung moderner Chip-Entwurfssoftware durchgeführt. Die Vorlesung baut auf die Pflichtvorlesung "Schaltungstechnik" bzw. "Circuit and System Design" auf. Die folgenden Themen werden behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sende-/Empfangs-Architekturen f. die drahtlose Kommunikation</li> <li>• Systemtheoretische Grundlagen</li> <li>• Signale und Rauschen</li> <li>• Modulation und Demodulation</li> <li>• Übertragungsverhalten von Funksystemen</li> <li>• Halbleitertechnologien und integrierte HF-Bauelemente</li> <li>• Verstärker (low-noise amplifier, variable gain amplifier, power amplifier)</li> <li>• Mischer</li> <li>• Oszillatoren</li> <li>• Frequenzsynthesizer-PLLs</li> </ul> |

*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 Funksystemen zu beschreiben und zu berechnen
- Entwurfsmethoden anzuwenden, um integrierte Schaltungskomponenten für Funksysteme zu entwerfen

The students will be able

- to describe architectures and circuits of wireless communication systems
- to describe and calculate fundamental signal transmission properties of wireless systems
- to apply design methods to design components of radio frequency ICs

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. J. Christoph Scheytt</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <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><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b> * Vorlesung mit Powerpoint-Präsentation und handschriftlichen Herleitungen auf Tablet und Beamer * Übung zum Teil als handschriftliche Rechenübung mit Tablet und Beamer, zum Teil als Praxisübung mit IC-Entwurf mittels moderner Chip-Entwurfssoftware</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>         Folien zur Vorlesungen und Übung werden über PAUL 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><b>Module Homepage</b><br/> <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><br/> <i>Other notes of course Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übung zum Teil als handschriftliche Rechenübung mit Tablet und Beamer, zum Teil als Praxisübung mit IC-Entwurf mittels moderner Chip-Entwurfssoftware</li> <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 modern IC design software</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>         Lecture and exercise slides will be made available through PAUL system.</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> |
|----|---|

| RFID-Funketiketten                      |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| RFID transponders                       |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.25011                             | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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.048.25011<br>RFID-Funketiketten  | 2V<br>2Ü,<br>SS         | 60                      | 120                      | 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) | RFID Transponders  | 2L<br>2Ex,<br>SS        | 60                      | 120                      | CE                   | 50                       |  |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung RFID-Funketiketten:</i><br>Werkstoffe der Elektrotechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.   |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung RFID-Funketiketten:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Lehrveranstaltung „RFID-Funketiketten“ behandelt die physikalischen sowie datentechnischen Grundlagen der RFID-Technik. Ausgehend von physikalischen Prinzipien drahtloser Energie- und Datenübertragung werden die grundlegende Konzepte der Datenträger und Lesegeräte erläutert. Verschiedene Codierungen und Modulationsarten, die in verschiedenen Frequenzbereichen eingesetzt werden, werden ausführlich besprochen. Besonderer Wert wird auf der Datenintegrität und Sicherheit von RFID-Systemen gelegt.<br>**Inhalt Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt: |                         |                         |                          |                      |                          |  |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterscheidungsmerkmale von RFID Systemen</li> <li>• Grundlegende Funktionsweise</li> <li>• Codierung und Modulation</li> <li>• Datenintegrität</li> <li>• Sicherheit</li> <li>• Lesegeräte</li> <li>• Herstellung von Transpondern</li> </ul>  |                         |                         |                          |                      |                          |  |

*Contents of the course RFID-Funketiketten:*

**Short Description**

The course "RFID transponders" focuses on the physical and technical aspects of the RFID technology. Starting from physical principles of wireless data transfer, the basic concept of data carrier, transponders and reader device will be explained. Additionally different aspects of data integrity and data safety of RFID systems are explained.

**Contents**

In detail the following topics are covered:

- Differentiating factors of RFID systems
- Basics of functionality
- Coding and modulation
- Data integrity
- Data safety
- Design of RFID readers
- Fabrication of transponders

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

**Fachkompetenz:**

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

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

**Fachübergreifende Kompetenzen:**

Die Studierenden können

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

**Domain competence:**

After attending the course, the students will be able

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

**Key qualifications:**

The students

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

2 Module im Masterstudiengang

| 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>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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung RFID-Funketiketten:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Projektor und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Prä-sentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>           Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klaus Finkenzeller: RFID Handbuch</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite</li> </ul> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a><br/> <i>Other notes of course RFID-Funketiketten:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</li> <li>• Exercises based on exercise sheets with students presenting their own solutions</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>           Handouts of lecture slides</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klaus Finkenzeller: RFID Handbuch Additional links to books and other material available at the webpage</li> </ul> |
|----|---|

| Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation |   |  |                                     |
|--|---|--|-------------------------------------|
| Fast Integrated Circuits for Wireline Communications                     |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>                                  | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.25019  | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |
|  | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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<br>Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation | 2V<br>2Ü,<br>WS         | 60                      | 120                      | 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)  | Fast Integrated Circuits for Wireline Communications                                    | 2L<br>2Ex,<br>WS        | 60                      | 120                      | CE                   | 50                       |
| 2 | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |   |                         |                         |                          |                      |                          |
| 3 | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:</i><br>Modul "Schaltungstechnik" des Bachelor Elektrotechnik oder Modul "Circuit and System Design" des Master "Electrical Systems Engineering" oder vergleichbare Module / Vorlesungen Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |   |                         |                         |                          |                      |                          |

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><br/>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><br/>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>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td>120-180 min<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> 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: 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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br/>keine</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br/>Keine<br/>None</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/> <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><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>           Vorlesung mit Übungen (einschließlich rechnerunterstütztem Entwurf mit IC-Entwurfssoftware)</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>           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><br/>           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><b>Module Homepage</b><br/> <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><br/> <i>Other notes of course Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>           Lecture with Exercises (including computer-aided design using electronic design software)</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>           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><br/>           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> |

2 Module im Masterstudiengang

| Technology of highly integrated circuits |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|--|--|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>  | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |
| M.048.25009                              | 180  | 6  |                              | Wintersemester<br>winter term       |                          |                                    |
|  | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                       | L.048.25009<br>Technologie hochintegrierter<br>Schaltungen   | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |
|  | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                       | Technology of Highly Integra-<br>ted Circuits  | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                           | 120                                 | CE                       | 50                                 |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>   |  |                              |                                     |                          |                                    |
|  | Keine<br>None  |  |                              |                                     |                          |                                    |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:</b>   |  |                              |                                     |                          |                                    |
|  | <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Technologie hochintegrierter Schaltungen:</i><br>Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Halbleiterprozesstechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |  |                              |                                     |                          |                                    |

|   |  |
|---|--|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Technologie hochintegrierter Schaltungen:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Die Lehrveranstaltung „Technologie hochintegrierter Schaltungen“ behandelt die Grundlagen der Höchstintegration von Halbleiterschaltungen. Aufbauend auf den Standard CMOS-Prozess werden Probleme bei der Erhöhung der Packungsdichte sowie deren Lösungen vorgestellt. Hierbei werden die Lokale Oxidation, die SOI-Technik, LDD-Dotierungsprofile sowie Prozessweiterungen zur Höchstintegration vermittelt. Anschließend werden Integrationstechniken für Bipolartransistoren erläutert.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <p>Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lokale Oxidation von Silizium</li><li>• MOS-Transistoren für die Höchstintegration</li><li>• SOI-Techniken</li><li>• Integrationstechniken für Bipolartransistore</li><li>• Nanoskalige Transistoren</li><li>• Weitere Transistor-Konzepte</li></ul> <p><i>Contents of the course Technologie hochintegrierter Schaltungen:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>The course “Technology of highly integrated circuits” focuses on very large-scale integration of semiconductor devices. Starting from standard CMOS-Processing, problems of increasing the integration density and their solutions will be discussed. Here the Local Oxidation of Silicon, Silicon on Insulator, LDD-doping profiles and process steps for very large-scale integration are explained. Subsequently integration techniques for bipolar transistors are illustrated.</p> <p><b>Contents</b></p> <p>In detail the following topics are covered:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Local Oxidation of Silicon</li><li>• MOS-Transistors for very large-scale integration</li><li>• SOI-Technology</li><li>• Integration of Bipolar Transistors</li><li>• Nano Scale Transistors</li><li>• Other Transistor concepts</li></ul> |
|---|--|

| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine geeignete Lokale Oxidationstechnik zur Integration von Transistoren auswählen und Schichtdicken zu berechnen.</li> <li>• Integrationstechniken für Transistoren mit Nanometer-Abmessungen zu beschreiben.</li> <li>• Transistorherstellung mit Hilfe der SOI-Technik erklären.</li> <li>• Prozesse für Schaltungen mit Bipolartransistoren zu planen.</li> <li>• Schaltungen in BiCMOS Technologie zu beschreiben.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b><br/>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen,</li> <li>• ihre Lösungen den anderen Teilnehmern präsentieren und</li> <li>• die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b><br/>After attending the course, the students will be able</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• to choose Local Oxidation of Silicon method for integration of transistors and calculate layer thicknesses</li> <li>• to explain the integration of nano-scale transistors</li> <li>• to explain transistor manufacturing with SOI-Technology.</li> <li>• to develop processes for circuits with bipolar transistors.</li> <li>• to explain circuits in BiCMOS-Technology.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b><br/>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></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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td data-bbox="1198 1585 1422 1697">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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat   | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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><br>keine   |                                    |                                |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |                                    |                                |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist..<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed |                                    |                                |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |                                    |                                |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |                                    |                                |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann   |                                    |                                |

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Technologie hochintegrierter Schaltungen:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vorlesung mit Projektor und Tafel</li><li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li></ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>Vorlesungsfolien</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hilleringmann, U.: Silizium-Halbleitertechnologie, Teubner Verlag</li><li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite Additional links to books and other material available at the webpage</li><li>• Sze: VLSI-Technology</li><li>• Hilleringmann: Halbleitertechnologie</li><li>• Hoppe: Mikroelektronik</li></ul> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a><br/><i>Other notes of course Technologie hochintegrierter Schaltungen:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</li><li>• Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</li></ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>Handouts of lecture slides</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hilleringmann, U.: Silizium-Halbleitertechnologie, Teubner Verlag</li><li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite Additional links to books and other material available at the webpage</li><li>• Sze: VLSI-Technology</li><li>• Hilleringmann: Halbleitertechnologie</li><li>• Hoppe: Mikroelektronik</li></ul> |
|----|--|

**Test hochintegrierter Schaltungen**

VLSI Testing

2 Module im Masterstudiengang

|   |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.25005                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>   | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.25005<br>Test hochintegrierter Schal-<br>tungen   | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | VLSI Testing  | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Test hochintegrierter Schaltungen:</i><br>Digitaltechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Test hochintegrierter Schaltungen:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>Die Lehrveranstaltung "Test hochintegrierter Schaltungen" behandelt systematische Verfahren zur Erkennung von Hardware-Defekten in mikroelektronischen Schaltungen. Es werden sowohl Algorithmen zur Erzeugung und Auswertung von Testdaten als auch Hardwarestrukturen zur Verbesserung der Testbarkeit und für den eingebauten Selbsttest vorgestellt.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>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 Test hochintegrierter Schaltungen:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>Die Lehrveranstaltung "Test hochintegrierter Schaltungen" behandelt systematische Verfahren zur Erkennung von Hardware-Defekten in mikroelektronischen Schaltungen. Es werden sowohl Algorithmen zur Erzeugung und Auswertung von Testdaten als auch Hardwarestrukturen zur Verbesserung der Testbarkeit und für den eingebauten Selbsttest vorgestellt.</p> <p><b>Contents</b><br/>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><br/>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><br/>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

|    | <b>Domain competence:</b>  | <p>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></p> <p>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  | <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;"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min  | 100%                           |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>                                     | keine  |                                |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b> | Keine<br>None  |                                |  |    |              |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b>                | <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://www.date.upb.de/pages/en/teaching.php?id=9">http://www.date.upb.de/pages/en/teaching.php?id=9</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Test hochintegrierter Schaltungen:</i></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><br/> Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-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> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://www.date.upb.de/pages/en/teaching.php?id=9">http://www.date.upb.de/pages/en/teaching.php?id=9</a><br/> <i>Other notes of course Test hochintegrierter Schaltungen:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</li> <li>• Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</li> <li>• Hands-on exercises using various software tools</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/> Additional material can be found in koala</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> |

### Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen)

Theory and application of phase-locked loops (PLL Systems)

2 Module im Masterstudiengang

|   |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>  | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.25018                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>   | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.25018<br>Theorie und Anwendung<br>von Phasenregelkreisen<br>(PLL-Systemen)  | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Theory and Application of<br>Phase-locked Loops (PLL<br>Systems)  | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | System-, Regelungs- und Nachrichtentechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|   |   |
|---|---|
| 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><br/>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><br/>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><br/>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" 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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform   | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat  | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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%                           |
| <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>       |   |                                    |                                |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br>keine   |                                    |                                |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |                                    |                                |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed. |                                    |                                |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |                                    |                                |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |                                    |                                |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann   |                                    |                                |

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vorlesung mit Beamer und Tafel</li><li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li></ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Best, R. E.: "Phase-Locked Loops - Design, Simulation and Application"</li><li>• Gardner, F.: "Phase-Locked Techniques"</li><li>• Encinas, J.: "Phase Locked Loops"</li><li>• Hedayat, C. D. and Hachem, A. and Leduc, Y. and Benbassat, G.: "High-Level Modeling Applied to the Second-Order Charge-Pump PLL Circuit"</li><li>• Acco, P. and Kennedy, M.P. and Mira, C. and Morley, B. and Frigyik, B.: "Behavioral modeling of charge pump phase locked loops"</li><li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite / Additional links to books and other material available at the webpage</li><li>• Best, R. E.: "Phase-Locked Loops - Design, Simulation and Application"</li><li>• Gardner, F.: "Phase-Locked Techniques"</li><li>• Encinas, J.: "Phase Locked Loops"</li><li>• Hedayat, C. D. and Hachem, A. and Leduc, Y. and Benbassat, G.: "High-Level Modeling Applied to the Second-Order Charge-Pump PLL Circuit"</li><li>• Acco, P. and Kennedy, M.P. and Mira, C. and Morley, B. and Frigyik, B.: "Behavioral modeling of charge pump phase locked loops"</li></ul> |
|----|--|

|  |
|--|
| <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture based on slide presentation and on blackboard</li> <li>• Exercises based on exercise sheets with students presenting their own solutions</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Best, R. E.: "Phase-Locked Loops - Design, Simulation and Application"</li> <li>• Gardner, F.: "Phase-Locked Techniques"</li> <li>• Encinas, J.: "Phase Locked Loops"</li> <li>• Hedayat, C. D. and Hachem, A. and Leduc, Y. and Benbassat, G.: "High-Level Modeling Applied to the Second-Order Charge-Pump PLL Circuit"</li> <li>• Acco, P. and Kennedy, M.P. and Mira, C. and Morley, B. and Frigyik, B.: "Behavioral modeling of charge pump phase locked loops"</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite / Additional links to books and other material available at the webpage</li> <li>• Best, R. E.: "Phase-Locked Loops - Design, Simulation and Application"</li> <li>• Gardner, F.: "Phase-Locked Techniques"</li> <li>• Encinas, J.: "Phase Locked Loops"</li> <li>• Hedayat, C. D. and Hachem, A. and Leduc, Y. and Benbassat, G.: "High-Level Modeling Applied to the Second-Order Charge-Pump PLL Circuit"</li> <li>• Acco, P. and Kennedy, M.P. and Mira, C. and Morley, B. and Frigyik, B.: "Behavioral modeling of charge pump phase locked loops"</li> </ul> |
|--|

## 2.4.5 Optoelektronik

|   |   |
|---|---|
| Katalogname / Name of catalogue             | Optoelektronik / Optoelectronics  |
| Module / Modules                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Hochfrequenzelektronik / High-Frequency Electronics</li> <li>* Optische Nachrichtentechnik A / Optical Communication A</li> <li>* Optische Nachrichtentechnik B / Optical Communication B</li> <li>* Optische Nachrichtentechnik C / Optical Communication C</li> <li>* Optische Nachrichtentechnik D / Optical Communication D</li> <li>* Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A / Polarization Aspects in Optical Communication A</li> <li>* Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B / Polarization Aspects in Optical Communication B</li> </ul> |
| 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.

| Hochfrequenzelektronik                  |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| High-Frequency Electronics              |   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.26001                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
|   | a) L.048.26001<br>Hochfrequenzelektronik      | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | Course  | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) |
|----|---|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| a) | High-Frequency Electronics  | 2L<br>2Ex,<br>WS | 60               | 120            | CE            | 50              |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |                  |                  |                |               |                 |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Hochfrequenzelektronik:</i><br>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie, Systemtheorie und Einführung in die Hochfrequenztechnik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  |                  |                  |                |               |                 |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Hochfrequenzelektronik:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>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.<br><b>Inhalt</b><br>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><br/> 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><br/> 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>Domain competence:</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><br/> 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><br/> 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  | <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>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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Andreas Thiede</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Hochfrequenzelektronik:</i></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><br/> 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><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html</a><br/> <i>Other notes of course Hochfrequenzelektronik:</i></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><br/> 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> |
|----|---|

| Optische Nachrichtentechnik A                              |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Optical Communication A                                    |   |   |   |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b><br><br>M.048.26003 | <b>Workload (h):</b><br><br>180                                     | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b><br><br>6            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b><br><br>Sommersemester<br>summer term |
|  | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b><br><br>1.-3. Semester | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b><br><br>1 | <b>Sprache / Teaching Language:</b><br><br>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<br>Optische Nachrichtentechnik A   | 2V<br>2Ü,<br>SS         | 60                      | 120                      | 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) | Optical Communication A  | 2L<br>2Ex,<br>SS        | 60                      | 120                      | CE                   | 50                       |  |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik A:</i><br>Keine   |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik A:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik A vermittelt Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Optischen Nachrichtentechnik und der hierbei verwendeten optischen Komponenten.<br><b>Inhalt</b><br>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.<br><br><i>Contents of the course Optische Nachrichtentechnik A:</i><br><b>Short Description</b><br>Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik A vermittelt Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Optischen Nachrichtentechnik und der hierbei verwendeten optischen Komponenten. The lecture Optical Communication A gives basic knowledge in Optical Communication and the components used in this field.<br><b>Contents</b><br>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. |                         |                         |                          |                      |                          |  |

| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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" data-bbox="277 1395 1422 1603"> <thead> <tr> <th data-bbox="277 1395 363 1491">zu</th> <th data-bbox="363 1395 975 1491">Prüfungsform</th> <th data-bbox="975 1395 1198 1491">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1198 1395 1422 1491">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="277 1491 363 1603">a)</td> <td data-bbox="363 1491 975 1603">Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td data-bbox="975 1491 1198 1603">120-180 min<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td data-bbox="1198 1491 1422 1603">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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat   | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|  |   |                                    |                                       |
|--|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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%                                  |
| 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><br>keine   |                                    |                                       |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |                                    |                                       |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed. |                                    |                                       |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |                                    |                                       |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |                                    |                                       |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr. Reinhold Noé   |                                    |                                       |

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik A:</i></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>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><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/><i>Other notes of course Optische Nachrichtentechnik A:</i></p> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>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 /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.26004                             | 180  | 6  | Sommersemester<br>summer term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.26004<br>Optische Nachrichtentechnik<br>B  | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Optical Communication B  | 2L<br>2Ex,<br>SS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik B:</i><br>Keine |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|   |  |
|---|--|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik B:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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> |
| 5 | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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><br/> <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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br/>keine</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br/>Keine<br/>None</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br/>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik B:</i></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/> 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><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/> <i>Other notes of course Optische Nachrichtentechnik B:</i><br/> <b>Teaching Material, Literature</b><br/>                 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 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 /<br/>Module number:</b><br><br>M.048.26005 | <b>Workload (h):</b><br><br>180                                     | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b><br><br>6            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b><br><br>Wintersemester<br>winter term |                          |                      |                          |
|  | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b><br><br>1.-3. Semester | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b><br><br>1 | <b>Sprache / Teaching Language:</b><br><br>de / en                  |                          |                      |                          |
| <b>1</b>   | <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.048.26005<br>Optische Nachrichtentechnik<br>C                     | 2V<br>2Ü,<br>WS   | 60  | 120                      | WP                   | 50                       |

2 Module im Masterstudiengang

|    | Course  | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) |
|----|---|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|
| a) | Optical Communication C   | 2L<br>2Ex,<br>WS | 60               | 120            | CE            | 50              |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |                  |                  |                |               |                 |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik C:</i><br>Keine  |                  |                  |                |               |                 |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik C:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Vorlesung und Übung Optische Nachrichtentechnik C vermittelt Kenntnisse über verschiedene optische Modulations- und Demodulationsverfahren.<br><b>Inhalt</b><br>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.<br><br><i>Contents of the course Optische Nachrichtentechnik C:</i><br><b>Short Description</b><br>The lecture Optical Communication C gives knowledge in various optical modulation and demodulation techniques.<br><b>Contents</b><br>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><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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" data-bbox="277 1395 1422 1603"> <thead> <tr> <th data-bbox="277 1395 363 1491">zu</th> <th data-bbox="363 1395 975 1491">Prüfungsform</th> <th data-bbox="975 1395 1198 1491">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1198 1395 1422 1491">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="277 1491 363 1603">a)</td> <td data-bbox="363 1491 975 1603">Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td data-bbox="975 1491 1198 1603">120-180 min<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td data-bbox="1198 1491 1422 1603">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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform  | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat   | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|  |   |                                    |                                       |
|--|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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%                                  |
| 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><br>keine   |                                    |                                       |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |                                    |                                       |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed. |                                    |                                       |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |                                    |                                       |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |                                    |                                       |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr. Reinhold Noé   |                                    |                                       |

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik C:</i></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <p>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> <p><i>Other notes of course Optische Nachrichtentechnik C:</i></p> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <p>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> |
|----|--|

| Optische Nachrichtentechnik D   |               |                               |                               |
|---------------------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Optical Communication D         |               |                               |                               |
| Modulnummer /<br>Module number: | Workload (h): | Leistungspunkte /<br>Credits: | Turnus / Regular Cycle:       |
| M.048.26006                     | 180           | 6                             | Sommersemester<br>summer term |

2 Module im Masterstudiengang

|    |  |   |  |                          |                      |                          |
|----|--|---|--|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|    | <b>Studiensemester / Semester number:</b><br>1.-3. Semester  | <b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b><br>1 | <b>Sprache / Teaching Language:</b><br>de / 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.048.26006<br>Optische Nachrichtentechnik D   | 2V<br>2Ü,<br>SS2                                  | 60   | 120                      | 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) | Optical Communication D  | 2L<br>2Ex,<br>SS                                  | 60   | 120                      | CE                   | 50                       |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |   |  |                          |                      |                          |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik D:</i><br>Keine   |   |  |                          |                      |                          |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik D:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik D vermittelt Kenntnisse über nichtlineare optische Verzerrungen in Lichtwellenleitern, elektronische Detektion linearer Verzerrungen, außerdem Polarisationsverwürfelung.<br><b>Inhalt</b><br>Ausgewählte Kapitel (4 SWS, 6 Leistungspunkte) in Optischer Nachrichtentechnik: Nichtlineare Verzerrungen in Lichtwellenleitern und ihre Polarisationsabhängigkeit, elektronische Detektion linearer optischer Verzerrungen, Polarisationsverwürfelung, ... . Nichtlineare Verzerrungen haben große Praxisbedeutung und sind schwierig zu beherrschen. Die Studenten sollten außerdem Themen ihrer Wahl vorbereiten und den anderen vortragen. |   |  |                          |                      |                          |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
|   | <p><i>Contents of the course Optische Nachrichtentechnik D:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>The lecture Optical Communication D gives knowledge about nonlinear optical effects in waveguides, their electrical detection, furthermore polarization scrambling.</p> <p><b>Contents</b><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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> |

2 Module im Masterstudiengang

| 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>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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/><a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik D:</i></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>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><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/><i>Other notes of course Optische Nachrichtentechnik D:</i></p> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>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> |
|----|---|

**Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A**

Polarization Aspects in Optical Communication A

2 Module im Masterstudiengang

|   |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.26008                             | 180  | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.26008<br>Polarisationsaspekte in der<br>optischen Nachrichtentechnik<br>A  | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Polarization Aspects in Opti-<br>cal Communication A   | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Polarisationsaspekte in der optischen Nach-<br/>richtentechnik A:</i><br>Keine |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Die Lehrveranstaltung 'Polarisationsaspekte in der Optischen Nachrichtentechnik A' vermittelt einen tieferen Einblick in die Bedeutung der Polarisation des Lichts. Gerade diese spielt in Physik und Technik eine besondere Rolle.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Definition und Darstellungen der Polarisation: Jones-Vektor, Stokes-Vektor und andere</li><li>• Anisotrope Medien: Rolle der Eigenwerte und -vektoren, einachsige Kristalle, Faraday-Medien, Anwendungen</li><li>• Polarisationstransformation: Polarisationseinstellungen mit Faserschlaufen, Polarisationserhaltende Faser, Retarder, Soleil-Babinet-Kompensatoren und andere.</li><li>• Polarisationsmodendispersion</li><li>• Messung der Polarisation: Leistungsmessung mit Polarisatoren, Messung mit Lithiumniobat</li><li>• Polarisatoren und Depolarisatoren</li></ul> <p><i>Contents of the course Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>The lecture 'Polarization Aspects in Optical Communication A' gives a closer view into the importance of the polarization of the light. Especially this plays an important role in physics and engineering.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Definition and presentations of polarisation: Jones vector, Stokes vector and further</li><li>• Anisotropic media: Role of eigenvalues and -vectors, uniaxial crystals, Faraday media, applications</li><li>• Polarization transformer: Polarization adjustment using fiber loops, polarization maintaining fiber, retarders, Soleil-Babinet-compensators etc.</li><li>• polarization mode dispersion</li><li>• polarization measurement: power measurement using preceding polarizers, Measurement using lithiumniobate</li><li>• polarizers, depolarizers</li></ul> |
| 5 | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b></p> <p>Die Studierenden können aufgrund der herausragenden Rolle der Polarisation bei der Optischen Nachrichtentechnik</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• deren physikalische Phänomene besser verstehen und</li><li>• deren Bedeutung zu erkennen und anzuwenden.</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b></p> <p>Die Studenten können</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• das hierbei erworbene Wissen disziplinübergreifend anwenden,</li><li>• das methodenorientierte Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen,</li><li>• sich selbst weiterbilden durch abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte.</li></ul>  |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    | <p><b>Domain competence:</b><br/>The students will be able to understand the important role of the polarization in the optical communication by</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• the the closer view of the underlying physical phenomenes</li> <li>• and the application possibilities.</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b><br/>The studentents are able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• use the hereby acquired knowledge interdisciplinary,</li> <li>• use the method-oriented approach in systematic analysis,</li> <li>• develop themselves by abstract and precise treatment of the contents.</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>Mündliche Prüfung</td> <td style="text-align: center;">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"/> 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: 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>Oral Examination</td> <td style="text-align: center;">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) | 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</p>  |                   |                                |                   |                              |    |                   |           |      |    |                     |                   |                                |    |                  |           |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |                   |                                |                   |                              |    |                   |           |      |    |                     |                   |                                |    |                  |           |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |                   |                                |                   |                              |    |                   |           |      |    |                     |                   |                                |    |                  |           |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 11 | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik   |
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Dr.-Ing. David Sandel   |
| 13 | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br><br><b>Modulseite</b><br><a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A:</i><br><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noé, R., Heidrich, H., Hoffmann, D.: Endless polarization control systems for coherent optics. IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, pp. 1199-1207</li> <li>• R. Noé, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage/2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7</li> <li>• <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation">https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation</a>, <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)">https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)</a></li> <li>• <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber">http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber</a></li> <li>• G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik: Eine Einführung, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992, (umfassend, viel über Polarisation, viele Zwischenschritte fehlen)</li> </ul><br><b>Module Homepage</b><br><a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br><i>Other notes of course Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik A:</i><br><b>Teaching Material, Literature</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noé, R., Heidrich, H., Hoffmann, D.: Endless polarization control systems for coherent optics. IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, pp. 1199-1207</li> <li>• R. Noé, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage/2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7</li> <li>• <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation">https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation</a>, <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)">https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)</a></li> <li>• <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber">http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber</a></li> <li>• G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik: Eine Einführung, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992, (umfassend, viel über Polarisation, viele Zwischenschritte fehlen)</li> </ul> |

| <b>Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B</b> |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Polarization Aspects in Optical Communication B                   |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>                           | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.26009   | 180   | 6  | Sommersemester<br>summer term       |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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.048.26009<br>Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B | 2V<br>2Ü,<br>SS         | 60                      | 120                      | 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)  | Polarization Aspects in Optical Communication B                           | 2L<br>2Ex,<br>SS        | 60                      | 120                      | CE                   | 50                       |
| 2 | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |   |                         |                         |                          |                      |                          |
| 3 | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B:</i><br>Polarisationsaspekte in der Optischen Nachrichtentechnik A Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.   |   |                         |                         |                          |                      |                          |
| 4 | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Veranstaltung 'Polarisationsaspekte in der Optischen Nachrichtentechnik B' befaßt sich schwerpunktmäßig mit der Polarisation im Rahmen der nichtlinearen Effekte und Anwendungen in der Optischen Nachrichtentechnik.<br><b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nichtlinearität 3. Ordnung, Kerr-Effekt</li> <li>• Selbstphasenmodulation (SPM), Kreuzphasenmodulation (XPM) zweier Signale, Vierwellenmischung (FWM): Beschreibung und Anwendungen</li> <li>• Brillouin-Streuung, und Raman-Streuung, Verstärker</li> <li>• Elektrooptischer und akustooptischer Effekt</li> <li>• LiNbO3: Ausnutzung der Doppelbrechung</li> <li>• Polarisationsabhängigkeit in Phasenmodulatoren, Mach-Zehnder-Modulatoren und anderen</li> <li>• Sonstige Auswirkungen der Polarisation in der Optischen Nachrichtentechnik</li> </ul> |   |                         |                         |                          |                      |                          |

|   |  |
|---|--|
|   | <p><i>Contents of the course Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>The lecture 'Polarization aspects in the Optical Communication B' deals with the polarization in the nonlinear effects and applications in the optical communication.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Third-order nonlinearity, Kerr effect</li><li>• Self-phase modulation (SPM), cross-phase modulation (XPM) of two signals, Four-wave mixing (FWM): Description and applications</li><li>• Brillouin scattering and Raman scattering, amplification</li><li>• Electrooptical and acoustooptical effect</li><li>• Lithiumniobate: Application of birefringence</li><li>• Polarization dependence in Phase modulator, Mach-Zehnder modulator and others</li><li>• Further impacts of polarization in the optical communication</li></ul>   |
| 5 | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>Die Studenten können nach dem Besuch der Lehrveranstaltung</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• das in der Lehrveranstaltung 'Polarisationsaspekte in der Optischen Nachrichtentechnik A' erworbene Wissen zu vertiefen,</li><li>• die besondere Bedeutung der Polarisation im Rahmen der nichtlinearen Phänomene beschreiben und anwenden und,</li><li>• die herausragende Bedeutung des Lithiumniobats zu erkennen und anwenden.</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b><br/>Die Studenten können</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• das hierbei erworbene Wissen disziplinübergreifend anwenden,</li><li>• das methodenorientierte Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und</li><li>• sich selbst weiterbilden durch abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte</li></ul> <p><b>Domain competence:</b><br/>The students having this lecture will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• deepen the knowledge from the lecture 'Polarization Aspects in Optical Communication A',</li><li>• describe and apply the significant importance in the context of nonlinear phenomena and</li><li>• recognize and apply the significant importance of lithiumniobate.</li></ul> <p><b>Key qualifications:</b><br/>The students are able to</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• use the hereby acquired knowledge interdisciplinary,</li><li>• use the method-oriented approach in systematic analysis and</li><li>• develop themselves by abstract and precise treatment of contents.</li></ul> |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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>Mündliche Prüfung</td> <td style="text-align: center;">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"/> 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: 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>Oral Examination</td> <td style="text-align: center;">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) | 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</p>  |                   |                                |                   |                              |    |                   |           |      |    |                     |                   |                                |    |                  |           |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |                   |                                |                   |                              |    |                   |           |      |    |                     |                   |                                |    |                  |           |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |                   |                                |                   |                              |    |                   |           |      |    |                     |                   |                                |    |                  |           |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>   |                   |                                |                   |                              |    |                   |           |      |    |                     |                   |                                |    |                  |           |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. David Sandel</p>   |                   |                                |                   |                              |    |                   |           |      |    |                     |                   |                                |    |                  |           |      |

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B:</i></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noé, R., Heidrich, H., Hoffmann, D.: Endless polarization control systems for coherent optics. IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, pp. 1199-1207</li> <li>• R. Noé, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage/2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7</li> <li>• <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation">https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation</a>, <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)">https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)</a></li> <li>• <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber">http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber</a></li> <li>• G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik: Eine Einführung, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992, (umfassend, viel über Polarisation, viele Zwischenschritte fehlen)</li> </ul> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a><br/> <i>Other notes of course Polarisationsaspekte in der optischen Nachrichtentechnik B:</i></p> <p><b>Teaching Material, Literature</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noé, R., Heidrich, H., Hoffmann, D.: Endless polarization control systems for coherent optics. IEEE J. Lightwave Techn. 6(1988)7, pp. 1199-1207</li> <li>• R. Noé, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage/2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7</li> <li>• <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation">https://de.wikipedia.org/wiki/Polarisation</a>, <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)">https://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves)</a></li> <li>• <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber">http://en.wikipedia.org/wiki/PM_fiber</a></li> <li>• G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik: Eine Einführung, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992, (umfassend, viel über Polarisation, viele Zwischenschritte fehlen)</li> </ul> |
|----|---|

## 2.4.6 Prozessdynamik

| Katalogname / Name of catalogue | Prozessdynamik / Process Dynamics   |
|---------------------------------|---|
| Module / Modules                | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Advanced Control, Methods for Mechatronics / Advanced Control, Methods for Mechatronics</li> <li>* Advanced System Theory / Advanced System Theory</li> <li>* Dynamic Programming and Stochastic Control / Dynamic Programming and Stochastic Control</li> <li>* Geregelte Drehstromantriebe / Controlled AC Drives</li> <li>* Höhere Regelungstechnik / Advanced Control</li> <li>* Mechatronik und elektrische Antriebe / Mechatronics and Electrical Drives</li> <li>* Mikrosensorik / Micro Sensors</li> </ul> |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| Katalogname / Name of catalogue             | Prozessdynamik / Process Dynamics   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>* Systemidentifikation / System Identification</li> <li>* Technische Akustik / Technical Acoustics</li> <li>* Topics in Automatic Control / Topics in Automatic Control</li> <li>* Ultraschallmesstechnik / Ultrasonic measurement technology</li> </ul>   |
| Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor | Prof. Henning, Bernd, Dr.-Ing.  |
| Leistungspunkte / Credits ECTS              | 6   |
| Lernziele / Learning objectives             | <p>Der Katalog Prozessdynamik bietet im Rahmen der automatisierungstechnischen Lehre eine Spezialisierung, die ausgerichtet ist auf die Erstellung von mathematischen Modellen für dynamische Prozesse und die Entwicklung und den Einsatz von Methoden sowohl für die Analyse der Dynamik als auch für den Entwurf von Regelungen. Aufgrund der Bedeutung einer repräsentativen Informationsgewinnung für die Beherrschung dynamischer Prozesse werden spezielle Messmethoden (akustische und optische) zur Bestimmung physikalischer und technischer Prozessgrößen sowie die Anwendung stochastischer Methoden zur Charakterisierung von Prozessinformationen behandelt. Die erfolgreich Studierenden sind in der Lage, die für die Bearbeitung einer konkreten automatisierungstechnischen Aufgabenstellung geeigneten Methoden auszuwählen bzw. zu entwickeln und die den einzelnen Methoden anhaftenden Grenzen ihrer Anwendbarkeit zu erkennen.</p> |

| Advanced Control Methods for Mechatronics |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Advanced Control Methods for Mechatronics |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>   | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.27024                               | 180   | 6  | Ungelistet<br>unlisted              |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> | <b>Sprache / Teaching Language:</b> |
|   | 1-3   | 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> |
|   |   | <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>   |
| 2 | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine / None  |                          |                         |                         |                          |                      |                          |
| 3 | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br>keine  |                          |                         |                         |                          |                      |                          |
| 4 | <b>Inhalte / Contents:</b>  |                          |                         |                         |                          |                      |                          |
| 5 | <b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b><br>Fachkompetenz / Domain competence: Durch die Vorlesung eignen sich Teilnehmer Wissen an über <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Grundlagen parametrischer robuster Regelung</li> <li>• die Grundlagen robuster optimaler Steuerung</li> <li>• die Grundlagen von Hochpräzisionssteuerungen</li> <li>• die Anwendung regelungstechnischer Algorithmen auf mechatronische Systeme After finishing the course, the attendants will</li> <li>• know the basics of parametric robust control</li> <li>• know the fundamentals of robust optimal control</li> <li>• know the basics of high precision control</li> <li>• know how to apply control algorithms to mechatronic systems Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications: Die Teilnehmer lernen</li> <li>• systematische Analyse- und Synthesemethoden, welche auf mechatronische Problemstellungen angewandt werden können</li> <li>• konkrete Methoden, die auf anderer Abstraktionsebene für weiteres selbständiges Lernen geeignet sind The attendants will learn</li> <li>• to use systematic analysis and synthesis methods that can be applied to mechatronic applications</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> |
|    |  |                            | 100%                     |
|    | Modulabschlussprüfung / Final modul exam Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% |                            |                          |
|    | <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)   |                            |                          |
|    | <b>zu</b>  | <b>Type of examination</b> | <b>Duration or scope</b> |
|    |  |                            | 100%                     |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b>   |                            |                          |
|    | keine  |                            |                          |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b>   |                            |                          |
|    | Keine / None   |                            |                          |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b>  |                            |                          |
|    | Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>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 / Reuse in degree courses:</b>   |                            |                          |
|    | Demo3  |                            |                          |
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b>  |                            |                          |
| 13 | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b>  |                            |                          |
|    | Modulseite / Module Homepage <a href="http://controlsistemas.upb.de">http://controlsistemas.upb.de</a>   |                            |                          |

2 Module im Masterstudiengang

| Advanced System Theory                  |  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|---|--|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |
| M.048.27018                             | 180  | 6  |                              | Wintersemester<br>winter term       |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.27018<br>Advanced System Theory  | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Advanced System Theory   | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                           | 120                                 | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>   |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | Keine<br>None  |  |                              |                                     |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>  |  |                              |                                     |                          |                                    |
|   | <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced System Theory:</i><br>Voraussetzung sind Grundkenntnisse von Differentialgleichungen, linearer Algebra und Laplace-Transformation, wie sie in einer typischen Systemtheorie-Vorlesung auf Bachelorniveau behandelt werden. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |  |                              |                                     |                          |                                    |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced System Theory:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>Aufbauend auf einem Systemtheorie Kurs im Bachelor Studium untersucht dieser Kurs das dynamische Verhalten von linearen Systemen mit größerem mathematischem Tiefgang. Der Kurs richtet sich in erster Linie an Studenten der Ingenieurwissenschaften, er kann aber auch für Studenten der Physik und anderer Naturwissenschaften von Nutzen sein.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>Systemmodelle und Differentialgleichungen, Zustandsraum- und I/O-Beschreibungen, Zusammenhang zwischen internen und externen Beschreibungen, Antwort zeitkontinuierlicher und -diskreter Systeme, Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Zustandsraumrealisierungen von externen Beschreibungen, Systeme mit Rückkopplung</p> <p><i>Contents of the course Advanced System Theory:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>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><br/>System models and differential equations, state-space and I/O descriptions, relations between internal and external descriptions, response of continuous- and discrete-time systems, stability, controllability, observability, state-space realizations of external descriptions, feedback systems.</p> |
| 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>   |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Daniel Quevedo</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://sst.upb.de/teaching">http://sst.upb.de/teaching</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced System Theory:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>           Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner)</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>           Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://sst.upb.de/teaching">http://sst.upb.de/teaching</a><br/> <i>Other notes of course Advanced System Theory:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>           Lectures and exercises (including some computer simulations)</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>           Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture</p> |
|----|---|

| Dynamic Programming and Stochastic Control |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|--|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Dynamic Programming and Stochastic Control |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b>    | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.27025                                | 180  | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|  | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>                | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)   | L.048.27025<br>Dynamic Programming and<br>Stochastic Control | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|  | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)   | Dynamic Programming and<br>Stochastic Control                | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 2 | <p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Dynamic Programming and Stochastic Control:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse der Regelung zeitdiskreter Systeme, wie z. B. durch das Modul Regelungstechnik</li> <li>• Einführungsmodul zu Wahrscheinlichkeitsrechnung und Zufallsprozessen, wie z. B. durch das Modul Stochastik für Ingenieure Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</li> </ul>  |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Dynamic Programming and Stochastic Control:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>Dynamische Programmierung ist eine Methode zur Lösung von Entscheidungsproblemen, welche sich aus verschiedenen Abschnitten zusammensetzen, wobei das eigentliche Problem in verschiedene, einfacher zu handhabende Unterprobleme aufgeteilt wird. Derartige Methoden weisen vielfache Anwendungsmöglichkeiten auf, wie z.B. in der Optimierung, Steuerung und Regelung, Nachrichtentechnik und Machine Learning. Dieser Kurs wird sich mit der Modellierung und Lösung sequentieller Entscheidungsprobleme unter Unsicherheit beschäftigen. Betrachtet werden sowohl Probleme mit endlicher, als auch mit unendlicher Anzahl von Abschnitten, sowie Fälle mit perfekter wie imperfekter Beobachtung des Systems. Die zur Lösung dieser Probleme benötigten numerischen Verfahren werden im Kursverlauf vorgestellt, wie z. B. suboptimale Verfahren bei großem Zustands- oder Handlungsraum.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>Zu den im Verlauf des Kurses behandelten Themen gehören</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• The dynamic programming principle and dynamic programming algorithm</li> <li>• Problems with perfect state information</li> <li>• Problems with imperfect state information</li> <li>• Infinite horizon problems</li> <li>• Suboptimal methods and approximate dynamic programming Im Verlauf des Kurses werden Anwendungsbeispiele aus Themenbereichen der Steuerungs- und Regelungstechnik, Kommunikationstechnik, Signalverarbeitung und dem Machine Learning vorgestellt.</li> </ul> |

## 2 Module im Masterstudiengang

*Contents of the course Dynamic Programming and Stochastic Control:*

**Short Description**

Dynamic programming is a method for solving decision making problems consisting of a number of stages, by breaking down the problem into simpler sub-problems. These methods have wide applicability in areas such as optimization, control, communications, and machine learning. This course will cover the modelling and solution of problems of sequential decision making under uncertainty. We will consider problems with both a finite and an infinite number of stages, as well as cases with perfect and imperfect observations of the system. Numerical techniques for solving these problems will be described, including suboptimal methods for when the state and/or action spaces are large.

**Contents**

Topics to be covered in this course will include:

- The dynamic programming principle and dynamic programming algorithm
- Problems with perfect state information
- Problems with imperfect state information
- Infinite horizon problems
- Suboptimal methods and approximate dynamic programming Applications to problems in control, communications, signal processing and machine learning, including current research, will be given throughout the course.

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

After attending this course, students will have understood the basics of dynamic programming and stochastic control. Students will learn the dynamic programming optimality principle and how it can be used to solve multi-stage decision making problems. They will learn how to formulate and solve, using dynamic programming, problems in different areas such as control, communications, signal processing, and machine learning.

**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<br>oder 30-45 min<br>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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%                                  |
| <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>       |   |                                    |                                       |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br>keine   |                                    |                                       |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |                                    |                                       |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed. |                                    |                                       |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |                                    |                                       |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |                                    |                                       |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Dr. Alex Leong   |                                    |                                       |

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://controlsystems.upb.de/en/lehre.html">http://controlsystems.upb.de/en/lehre.html</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Dynamic Programming and Stochastic Control:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>         Vorlesungen und Übungen</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>         The main text will be:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol I, 3rd Ed, Athena Scientific, 2005 Some other material will be taken from:</li> <li>• D. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol II, 4th Ed, Athena Scientific, 2012</li> <li>• M. Puterman, Markov Decision Processes, John Wiley and Sons, 1994</li> <li>• B. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering, Prentice-Hall, 1979,</li> <li>• and various research papers.</li> </ul> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://controlsystems.upb.de/en/lehre.html">http://controlsystems.upb.de/en/lehre.html</a><br/> <i>Other notes of course Dynamic Programming and Stochastic Control:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>         Lectures and exercises</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b> The main text will be:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol I, 3rd Ed, Athena Scientific, 2005 Some other material will be taken from:</li> <li>• D. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol II, 4th Ed, Athena Scientific, 2012</li> <li>• M. Puterman, Markov Decision Processes, John Wiley and Sons, 1994</li> <li>• B. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering, Prentice-Hall, 1979,</li> <li>• and various research papers.</li> </ul> |
|----|--|

| Geregelte Drehstromantriebe             |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| Controlled AC Drives                    |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.27013                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> | <b>Sprache / Teaching Language:</b> |
|   | 1.-3. Semester                                | 1  | en                                  |

## 2 Module im Masterstudiengang

| <b>1</b> | <p><b>Modulstruktur / Module structure:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;"></th> <th style="width: 35%;">Lehrveranstaltung</th> <th style="width: 10%;">Lehrform</th> <th style="width: 10%;">Kontaktzeit (h)</th> <th style="width: 10%;">Selbststudium (h)</th> <th style="width: 10%;">Status (P/WP)</th> <th style="width: 10%;">Gruppengröße (TN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>L.048.27013<br/>Geregelte Drehstromantriebe</td> <td>2V<br/>2Ü,<br/>WS</td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">120</td> <td style="text-align: center;">WP</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;"></th> <th style="width: 35%;">Course</th> <th style="width: 10%;">form of teaching</th> <th style="width: 10%;">contact-time (h)</th> <th style="width: 10%;">self-study (h)</th> <th style="width: 10%;">status (C/CE)</th> <th style="width: 10%;">group size (TN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td> <td>Controlled AC Drives</td> <td>2L<br/>2Ex,<br/>WS</td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">120</td> <td style="text-align: center;">CE</td> <td style="text-align: center;">50</td> </tr> </tbody> </table> |                  | Lehrveranstaltung | Lehrform          | Kontaktzeit (h) | Selbststudium (h) | Status (P/WP) | Gruppengröße (TN) | a) | L.048.27013<br>Geregelte Drehstromantriebe | 2V<br>2Ü,<br>WS | 60 | 120 | WP | 50 |  | Course | form of teaching | contact-time (h) | self-study (h) | status (C/CE) | group size (TN) | a) | Controlled AC Drives | 2L<br>2Ex,<br>WS | 60 | 120 | CE | 50 |
|----------|---|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|---------------|-------------------|----|--|-----------------|----|-----|----|----|--|--------|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|----|----------------------|------------------|----|-----|----|----|
|          | Lehrveranstaltung   | Lehrform         | Kontaktzeit (h)   | Selbststudium (h) | Status (P/WP)   | Gruppengröße (TN) |               |                   |    |  |                 |    |     |    |    |  |        |                  |                  |                |               |                 |    |                      |                  |    |     |    |    |
| a)       | L.048.27013<br>Geregelte Drehstromantriebe  | 2V<br>2Ü,<br>WS  | 60                | 120               | WP              | 50                |               |                   |    |  |                 |    |     |    |    |  |        |                  |                  |                |               |                 |    |                      |                  |    |     |    |    |
|          | Course  | form of teaching | contact-time (h)  | self-study (h)    | status (C/CE)   | group size (TN)   |               |                   |    |  |                 |    |     |    |    |  |        |                  |                  |                |               |                 |    |                      |                  |    |     |    |    |
| a)       | Controlled AC Drives  | 2L<br>2Ex,<br>WS | 60                | 120               | CE              | 50                |               |                   |    |  |                 |    |     |    |    |  |        |                  |                  |                |               |                 |    |                      |                  |    |     |    |    |
| <b>2</b> | <p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |                  |                   |                   |                 |                   |               |                   |    |  |                 |    |     |    |    |  |        |                  |                  |                |               |                 |    |                      |                  |    |     |    |    |
| <b>3</b> | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Geregelte Drehstromantriebe:</i><br/>Die Teilnehmer sollten ein Bachelormodul zu den Grundlagen elektrischer Antriebe bereits absolviert haben. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p>  |                  |                   |                   |                 |                   |               |                   |    |  |                 |    |     |    |    |  |        |                  |                  |                |               |                 |    |                      |                  |    |     |    |    |
| <b>4</b> | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Geregelte Drehstromantriebe:</i><br/><b>Kurzbeschreibung</b><br/>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>   |                  |                   |                   |                 |                   |               |                   |    |  |                 |    |     |    |    |  |        |                  |                  |                |               |                 |    |                      |                  |    |     |    |    |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
|   | <p><i>Contents of the course Geregelt Drehstromantriebe:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>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>  |
| 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><br/>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><br/>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> |

2 Module im Masterstudiengang

| 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>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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/lea/">http://ei.uni-paderborn.de/lea/</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Geregelte Drehstromantriebe:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>         Teile der Veranstaltung werden als Rechnerübung durchgeführt. Lernmaterialien: Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/lea/">http://ei.uni-paderborn.de/lea/</a><br/> <i>Other notes of course Geregelte Drehstromantriebe:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>         Parts of the course are organized as computer-based exercises. Teaching materials: Lecture notes. Other literature will be given in the lecture</p> |
|----|--|

| Höhere Regelungstechnik                 |   |  |                              |   |                          |                                    |
|---|---|--|------------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|
| Advanced Control                        |   |  |                              |   |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                              | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>                    |                          |                                    |
| M.048.27001                             | 180   | 6  |                              | Sommer- / Wintersemester<br>summer- / winter term |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>     | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>                | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
|   | a) L.048.27001<br>Höhere Regelungstechnik<br>(ET) | 2V<br>2Ü,<br>WS+SS                               | 60                           | 120   | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>                                     | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>                    | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
|   | a) Advanced Control                               | 2L<br>2Ex,<br>WS+SS                              | 60                           | 120   | CE                       | 50                                 |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 2 | <p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Höhere Regelungstechnik (ET):</i><br/>Bachelormodule zur Regelungstechnik und Systemtheorie werden vorausgesetzt- Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p>  |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Höhere Regelungstechnik (ET):</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>Aufbauend auf Systemtheorie und Regelungstechnik Kurse im Bachelor Studium befasst sich dieser Kurs mit dem Entwurf von zeitdiskreten Regelungssystemen im Frequenzbereich und im Zustandsraum. Der Kurs richtet sich in erster Linie an Studenten der Ingenieurwissenschaften, er kann aber auch für Studenten der Physik und anderer Naturwissenschaften von Nutzen sein.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abtastung von Systemen</li> <li>• Frequenzbasierte Analyse von linearen zeitinvarianten Regelungskreisen (Eingrößensysteme): Empfindlichkeitsfunktionen, Stabilität, Modellunbestimmtheiten und Robustheit</li> <li>• Reglerentwurf via Polvorgabe und Youlaparametrierung</li> <li>• Stellgrößenbegrenzung und Anti-Windup-Maßnahme</li> <li>• dynamische Programmierung</li> <li>• linear-quadratische Regelung</li> <li>• Kalmanfilter</li> <li>• modelprädiktive Regelung</li> </ul> <p><i>Contents of the course Höhere Regelungstechnik (ET):</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>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>• Discretisation of dynamical systems</li> <li>• Analysis of linear time-invariant single input single output control loops using transfer function methods: Sensitivity functions, stability analysis, modelling errors and robustness,</li> <li>• controller design via pole placement and Youla parameterisation</li> <li>• Actuator constraints and anti-windup mechanism</li> <li>• dynamic programming</li> <li>• linear quadratic regulator</li> <li>• Kalman filter</li> <li>• model predictive control</li> </ul> |

| 5  | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das dynamische Verhalten von zeitdiskreten rückgekoppelten Systemen zu analysieren</li> <li>• geeignete Regeleinrichtungen zu entwerfen</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b><br/>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><br/>After attending this course, students will be able to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• study the dynamics of discrete-time feedback systems</li> <li>• design appropriate control systems</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b><br/>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> |  |                              |                   |                              |    |   |  |      |
|----|--|--|------------------------------|-------------------|------------------------------|----|---|--|------|
| 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 1301 1422 1509"> <thead> <tr> <th data-bbox="277 1301 363 1397">zu</th> <th data-bbox="363 1301 975 1397">Prüfungsform</th> <th data-bbox="975 1301 1198 1397">Dauer bzw. Umfang</th> <th data-bbox="1198 1301 1422 1397">Gewichtung für die Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="277 1397 363 1509">a)</td> <td data-bbox="363 1397 975 1509">Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td> <td data-bbox="975 1397 1198 1509">120-180 min<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td data-bbox="1198 1397 1422 1509">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<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform   | Dauer bzw. Umfang                            | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |   |  |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat  | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>oder 30 min | 100%                         |                   |                              |    |   |  |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

| <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP) <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (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><br>keine   |                                    |                                |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |                                    |                                |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed. |                                    |                                |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |                                    |                                |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik  |                                    |                                |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Prof. Dr. Daniel Quevedo   |                                    |                                |

|    |  |
|----|--|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://control.upb.de/">http://control.upb.de/</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Höhere Regelungstechnik (ET):</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation</li><li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Simulationen am Rechner</li></ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>Der Kurs basiert sich auf ausgewählte Teile der angefügten Literaturliste. Dazu werden Skript und Übungsblätter bereitgestellt.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• K. J. Astrom and B. Wittenmark, Computer controlled systems. Theory and design. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, second ed., 1990.</li><li>• G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Control System Design. Prentice-Hall, 2001.</li><li>• J. B. Rawlings and D. Q. Mayne, Model Predictive Control: Theory and Design. Madison, WI: Nob Hill Publishing, 2009.</li><li>• B. D. O. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1979.</li><li>• K. J. Astrom, Introduction to Stochastic Control Theory. New York, N.Y.: Academic Press, 1970.</li></ul> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://control.upb.de/">http://control.upb.de/</a><br/><i>Other notes of course Höhere Regelungstechnik (ET):</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lectures using blackboard and, at times, transparencies</li><li>• Tutorials with study guides and computer simulations</li></ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>The course uses a selection of material from the books included in the list below. In addition, lecture notes and study guides are provided.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• K. J. Astrom and B. Wittenmark, Computer controlled systems. Theory and design. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, second ed., 1990.</li><li>• G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Control System Design. Prentice-Hall, 2001.</li><li>• J. B. Rawlings and D. Q. Mayne, Model Predictive Control: Theory and Design. Madison, WI: Nob Hill Publishing, 2009.</li><li>• B. D. O. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1979.</li><li>• K. J. Astrom, Introduction to Stochastic Control Theory. New York, N.Y.: Academic Press, 1970.</li></ul> |
|----|--|

**Mechatronik und elektrische Antriebe**

Mechatronics and Electrical Drives

2 Module im Masterstudiengang

|   |  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|---|--|--|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.27006                             | 180  | 6  | Sommersemester<br>summer term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.27006<br>Mechatronik und elektrische<br>Antriebe   | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Mechatronics and Electrical<br>Drives  | 2L<br>2Ex,<br>SS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>   |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Mechatronik und elektrische Antriebe:</i><br>Bachelor-Kurs über die Grundlagen elektrischer Antriebe Hinweis: Soweit nicht anders angege-<br>ben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Mechatronik und elektrische Antriebe:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b></p> <p>Der Kurs erklärt und definiert zunächst den Begriff der Mechatronik als interdisziplinäres Gebiet zwischen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informationstechnik und zeigt verschiedene Anwendungsbeispiele. Als ein typisches mechatronisches Beispiel wird das Magnetlager ausführlich behandelt. Methodisch wird dabei mit Energieprinzipien gearbeitet. Als weitere mechatronische Beispiele werden der geschaltete Reluktanzmotor und der elektronisch kommutierten Gleichstrommotor besprochen.</p> <p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung und Definition mechatronischer Systeme (Mechanik, Elektrotechnik, Informationstechnik)</li><li>• Grundstruktur mechatronischer Systeme (Energie-, Material-, Informationsflüsse, Regelkreis)</li><li>• Modellierung mit Hilfe von Energieprinzipien (innere Energie, Ergänzungsenergie)</li><li>• Modellierung und Berechnung von magnetischen Kreisen (Felder, Reluktanz, Induktivität, Fluss, Durchflutung)</li><li>• Ferromagnetische und permanentmagnetische Materialien (Magnetisierungskennlinie, Hysterese, Magnetisierungsverluste)</li><li>• Modellierung und Regelung eines mechatronischen Systems am Beispiel eines Magnetlagers</li><li>• Switched-Reluctance-Motor</li><li>• Gleichstrommotor</li><li>• Elektronisch kommutierter Gleichstrommotor</li></ul> <p><i>Contents of the course Mechatronik und elektrische Antriebe:</i></p> <p><b>Short Description</b></p> <p>The course first explains and defines the term mechatronics as interdisciplinary area between electrical and mechanical engineering and information technology. Various application examples are shown. As a typical example, the magnetic bearing is comprehensively discussed. As a method, energy principles are applied. Further mechatronic examples address the switched reluctance motor and the electronically commutated DC motor.</p> <p><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Introduction and definition of mechatronic systems</li><li>• Basic structure of mechatronic systems (flow of energy, material and information, control loop)</li><li>• Modeling based on energy principles (internal energy, co-energy)</li><li>• Modeling and computation of magnetic circuits (field, reluctance, inductance, flux, MMF)</li><li>• Ferromagnetic and permanent magnet materials</li><li>• Modeling and control of a mechatronic system taking a magnetic bearing as an example</li><li>• Switched reluctance motor</li><li>• DC motor</li><li>• Brushless DC motor (characteristics, structure, modeling, power electronics, control)</li></ul> |
|---|---|

| 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 von mechatronischen Systemen als das Zusammenwirken von elektromagnetischen, mechanischen und informationsverarbeitenden Komponenten</li> <li>• Systemmodellierung auf der Basis von Energieprinzipien</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übertragung bekannter Prinzipien in andere Fachdisziplinen</li> <li>• Erweiterung des Abstraktionsvermögens</li> <li>• Funktionale Sichtweise</li> </ul> <p><b>Domain competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understanding of mechatronic systems as interacting electromagnetic, mechanic and information processing components</li> <li>• System modeling based on energy principles</li> </ul> <p><b>Key qualifications:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Application of known principles in different disciplines</li> <li>• Extension of the ability to abstract</li> <li>• Functional reflection</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 1171 1422 1379"> <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<br/>oder 30-45 min<br/>oder 30 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1538 1422 1747"> <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<br/>30-45 min or 30 min</td> <td>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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/><a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Mechatronik und elektrische Antriebe:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>Ein Teil der Übungen wird als Rechnerübungen angeboten.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a><br/><i>Other notes of course Mechatronik und elektrische Antriebe:</i></p> <p><b>Implementation</b><br/>Parts of the course are organized as computer-based exercises.</p> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>Lecture notes, slides. Other literature will be given in the lecture.</p> |

| Mikrosensorik                   |               |                               |                               |
|---------------------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Micro Sensors                   |               |                               |                               |
| Modulnummer /<br>Module number: | Workload (h): | Leistungspunkte /<br>Credits: | Turnus / Regular Cycle:       |
| M.048.27016                     | 180           | 6                             | Sommersemester<br>summer term |

2 Module im Masterstudiengang

|    |  |   |   |                          |                      |                          |
|----|--|---|---|--------------------------|----------------------|--------------------------|
|    | <b>Studiensemester / Semester number:</b><br>1.-3. Semester  | <b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):</b><br>1 | <b>Sprache / Teaching Language:</b><br>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.048.27016<br>Mikrosensorik   | 2V<br>2Ü,<br>SS                                   | 60  | 120                      | 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) | Micro Sensors  | 2L<br>2Ex,<br>SS                                  | 60  | 120                      | CE                   | 50                       |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None  |   |   |                          |                      |                          |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Mikrosensorik:</i><br>Keine   |   |   |                          |                      |                          |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Mikrosensorik:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>Die Lehrveranstaltung „Mikrosensorik“ behandelt Konzepte und Wirkprinzipien mikroelektronischer Sensoren. Das Arbeitsgebiet erstreckt sich von Temperatur- und Strahlungssensoren über chemische Sensoren wie die Lambdasonde im automotiven Bereich bis hin zu Magnetfeldsensoren, so dass ein breites Spektrum abgedeckt wird. Ebenfalls soll das Grundverständnis der Herstellung hybrider und integrierter Sensoren vermittelt werden.<br><b>Inhalt</b><br>Im Einzelnen werden die folgenden Themen behandelt: |   |   |                          |                      |                          |
|    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellungsverfahren</li> <li>• Temperatursensoren</li> <li>• Sensoren für Kraft, Druck und Beschleunigung</li> <li>• Magnetfeldsensoren</li> <li>• Feuchtesensoren</li> <li>• Chemische Sensoren</li> </ul>   |   |   |                          |                      |                          |

|   |  |
|---|--|
|   | <p><i>Contents of the course Mikrosensorik:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>The course “Micro Sensors” bases on concepts and physical effects of microelectrical sensors. The work concerns temperature and radiation sensors, chemical sensors like the lambda sensor for automotive and magnetic sensors. Additionally basic knowledge about fabricating hybrid and integrated sensors is taught.</p> <p><b>Contents</b><br/>In detail the following topics are covered:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fabrication processes</li><li>• Temperature sensors</li><li>• Sensors for forces, pressure and acceleration</li><li>• Magnetic sensors</li><li>• Humidity sensors</li><li>• Chemical sensors</li></ul>  |
| 5 | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• die Herstellungsverfahren mikroelektronischer Bauelemente zu verstehen und zu erklären</li><li>• die Wirkprinzipien verschiedener Sensoren nachzuvollziehen und zu beschreiben</li><li>• Anwendungsgebiete der unterschiedlichen Sensoren für reale Einsatzzwecke zuzuordnen</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b><br/>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Anwendungsspezifische Lösungen finden</li><li>• die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen,</li><li>• ihre Lösungen den anderen Teilnehmern in Übungen präsentieren und</li><li>• die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.</li></ul> <p><b>Domain competence:</b><br/>After attending the course, the students will be able</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• to explain and understand fabrication processes of semiconductor technology,</li><li>• to describe the physical effects of different sensors</li><li>• to decide which application area to choose for the sensors</li></ul> <p><b>Key qualifications:</b><br/>The students</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• are able to find solution for specific applications concerning sensors</li><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> |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Mikrosensorik:</i></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Projektor und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Prä-sentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben</b><br/>                 Vorlesungsfolien</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilleringmann: Mikrosystemtechnik</li> <li>• Elbel: Mikrosensorik</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite</li> </ul> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a><br/> <i>Other notes of course Mikrosensorik:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</li> <li>• Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</li> </ul> <p><b>Teaching Material, Literature</b><br/>                 Handouts of lecture slides</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilleringmann: Mikrosystemtechnik</li> <li>• Elbel: Mikrosensorik</li> <li>• Additional links to books and other material available at the webpage</li> </ul> |
|----|---|

| Systemidentifikation                    |   |  |                                     |
|---|---|--|-------------------------------------|
| System identification                   |   |  |                                     |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |
| M.048.27026                             | 180   | 6  | Wintersemester<br>winter term       |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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.048.27026<br>Systemidentifikation   | 2V<br>2Ü,<br>WS         | 60                      | 120                      | P                    | 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) | System Identification   | 2L<br>2Ex,<br>WS        | 60                      | 120                      | C                    | 50                       |  |
| 2  | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>Keine<br>None   |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 3  | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b><br><i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Systemidentifikation:</i><br>Empfohlen: Signal- und Systemtheorie Regelungstechnik A   |                         |                         |                          |                      |                          |  |
| 4  | <b>Inhalte / Contents:</b><br><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Systemidentifikation:</i><br><b>Kurzbeschreibung</b><br>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.<br><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</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

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><br/>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><br/>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><br/> <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<br/>oder 30-45 min</td> <td>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"/> Modulabschlussprüfung (MAP)      <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP)      <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP)</p> <table border="1" data-bbox="277 1279 1422 1458"> <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<br/>30-45 min</td> <td>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 | 120-180 min<br>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<br>30-45 min | 100% |
| zu | Prüfungsform   | Dauer bzw. Umfang             | Gewichtung für die Modulnote   |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| a) | Klausur oder mündliche Prüfung   | 120-180 min<br>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<br>30-45 min   | 100%                           |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br/>keine</p>  |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br/>Keine<br/>None</p>   |                               |                                |                   |                              |    |                                |                               |      |    |                     |                   |                                |    |                             |                             |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br/>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 Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/><a href="http://ei.uni-paderborn.de/lea/">http://ei.uni-paderborn.de/lea/</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung</b><br/>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><br/>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><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://ei.uni-paderborn.de/lea/">http://ei.uni-paderborn.de/lea/</a></p> <p><b>Implementation</b><br/>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><br/>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 /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                                    |                          |                                    |
| M.048.27022                             | 180  | 6  | Wintersemester<br>winter term       |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>                                      | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>        | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.27022<br>Technische Akustik  | 2V<br>2Ü,<br>WS                                  | 60                                  | 120                                | WP                       | 50                                 |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b>        | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Technical Acoustics  | 2L<br>2Ex,<br>WS                                 | 60                                  | 120                                | CE                       | 50                                 |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>                                     |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | Keine<br>None  |  |                                     |                                    |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>                          |  |                                     |                                    |                          |                                    |
|   | <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Technische Akustik:</i><br>Keine |  |                                     |                                    |                          |                                    |

|   |  |
|---|--|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Technische Akustik:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>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><br/>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><br/><b>Contents</b></p> |
| 5 | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p><b>Fachkompetenz:</b><br/>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><br/>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

| 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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Bernd Henning</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

2 Module im Masterstudiengang

|    |   |
|----|---|
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a><br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Technische Akustik:</i></p> <p><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 Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</li> </ul> <p><b>Module Homepage</b><br/> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a><br/> <i>Other notes of course Technische Akustik:</i></p> <p><b>Implementation</b></p> |
|----|---|

| Topics in Automatic Control     |  |  |                              |                               |               |                   |
|---------------------------------|--|--|------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------|
| Topics in Automatic Control     |  |  |                              |                               |               |                   |
| Modulnummer /<br>Module number: | Workload (h):                              | Leistungspunkte /<br>Credits:            |                              | Turnus / Regular Cycle:       |               |                   |
| M.048.27027                     | 180  | 6  |                              | Sommersemester<br>summer term |               |                   |
|                                 | Studiensemester /<br>Semester number:      | Dauer (in Sem.) /<br>Duration (in sem.): | Sprache / Teaching Language: |                               |               |                   |
|                                 | 1.-3. Semester                             | 1  | en                           |                               |               |                   |
| 1                               | Modulstruktur / Module structure:          |  |                              |                               |               |                   |
|                                 | Lehrveranstaltung                          | Lehrform                                 | Kontaktzeit (h)              | Selbststudium (h)             | Status (P/WP) | Gruppengröße (TN) |
| a)                              | L.048.27027<br>Topics in Automatic Control | 2V<br>2Ü,<br>WS+SS                       | 60                           | 120                           | P             | 50                |
|                                 | Course                                     | form of teaching                         | contact-time (h)             | self-study (h)                | status (C/CE) | group size (TN)   |
| a)                              | Topics in Automatic Control                | 2L<br>2Ex,<br>WS+SS                      | 60                           | 120                           | C             | 50                |

## 2 Module im Masterstudiengang

|   |   |
|---|---|
| 2 | <p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</p>   |
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><i>Inhalte der Lehrveranstaltung Topics in Automatic Control:</i></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>Diese Veranstaltung behandelt eine Auswahl von aktuellen Themen in der Regelungstechnik. Studenten werden angeleitet und unterstützt, aktuelle Veröffentlichungen aus der regelungstechnischen Literatur zu lesen, zu analysieren und zu erweitern. Die Auswahl der Veröffentlichungen orientiert sich dabei an aktuellen Forschungsthemen und ändert sich jedes Semester.</p> <p><b>Inhalt</b><br/>Beispiele für Themen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernetzte Regelungssysteme</li> <li>• Security und Privacy von dynamischen Systemen</li> <li>• Modelprädiktive Regelung</li> <li>• Maschinelle Lernverfahren</li> </ul> <p><i>Contents of the course Topics in Automatic Control:</i></p> <p><b>Short Description</b><br/>This course covers a selection of current topics in systems control and requires active student participation throughout. For that purpose, students will be given support with reading, analyzing and expanding results in recent papers from the systems control literature. The choice of topics depends upon current research interests and changes every semester.</p> <p><b>Contents</b><br/>Example Topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Networked Control Systems</li> <li>• Security and Privacy of Dynamical Systems</li> <li>• Model Predictive Control</li> <li>• Learning and Control</li> </ul> |
| 5 | <p><b>Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:</b></p> <p>In dieser Veranstaltung werden Studenten mit aktuellen Forschungsthemen in der theoretischen Regelungstechnik vertraut gemacht. Studenten lernen, wissenschaftliche Veröffentlichungen zu verstehen und kritisch zu bewerten. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Entwurf lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere wissenschaftliche Gebiete angewandt werden.</p> <p>In this course, students will familiarize themselves with a selection of current research topics in systems control theory. They will learn to read and understand scientific articles 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>  |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Prof. Dr. Daniel Quevedo</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p><b>Modulseite</b><br/><a href="http://control.upb.de/">http://control.upb.de/</a></p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |

## 2 Module im Masterstudiengang

|  |   |
|--|---|
|  | <b>Module Homepage</b><br><a href="http://control.upb.de/">http://control.upb.de/</a> |
|--|---|

| Ultraschallmesstechnik                  |  |  |                              |                                     |                          |                                    |  |
|---|--|--|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|
| Ultrasonic measurement technology       |  |  |                              |                                     |                          |                                    |  |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>   | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>      |                          |                                    |  |
| M.048.27015                             | 180  | 6  |                              | Sommersemester<br>summer term       |                          |                                    |  |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>  | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>  | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |  |
|   | a) L.048.27015<br>Ultraschallmesstechnik   | 2V<br>2Ü,<br>SS                                  | 60                           | 120                                 | WP                       | 50                                 |  |
|   | <b>Course</b>  | <b>form of<br/>teaching</b>                      | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>      | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |  |
|   | a) Ultrasonic Measurement<br>Technology  | 2L<br>2Ex,<br>SS                                 | 60                           | 120                                 | CE                       | 50                                 |  |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>   |  |                              |                                     |                          |                                    |  |
|   | Keine<br>None  |  |                              |                                     |                          |                                    |  |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b>                              |  |                              |                                     |                          |                                    |  |
|   | <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik:</i><br>Keine |  |                              |                                     |                          |                                    |  |

|   |  |
|---|--|
| 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> |
| 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>• Ultraschall einzusetzen, um akustische und nicht akustische Größen damit zu bestimmen.</li></ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,</li><li>• können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,</li><li>• sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li></ul>   |

## 2 Module im Masterstudiengang

| 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<br/>oder 30-45 min<br/>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> <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: 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<br/>30-45 min or 30 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 oder Referat | 120-180 min<br>oder 30-45 min<br>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<br>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<br>oder 30-45 min<br>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<br>30-45 min or 30 min        | 100%                           |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>   |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>  |  |                                |                   |                              |    |   |  |      |    |                     |                   |                                |    |   |                                       |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>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><b>Modulseite</b><br/><a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a><br/><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik:</i></p> <p><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><br/>Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</p> <p><b>Module Homepage</b><br/><a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a></p> |
|----|---|

### 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       |   |  |   |                                    |                          |                                    |
|---|---|--|---|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Project I, Project II                   |   |  |   |                                    |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                          | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>                    |                                    |                          |                                    |
| M.048.28001 - M.048.28499               | 270   | 9  | Sommer- / Wintersemester<br>summer- / winter term |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b> | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b> | <b>Sprache / Teaching Language:</b>               |                                    |                          |                                    |
|   | 2.-3. Semester                                | 1  | de / en   |                                    |                          |                                    |
| 1                                       | <b>Modulstruktur / Module structure:</b>      |  |   |                                    |                          |                                    |
|   | <b>Lehrveranstaltung</b>                      | <b>Lehr-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b>                      | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b> | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
| a)                                      | L.048.28001-28499<br>Projektname (Projekt)    | 9P,<br>WS+SS                                     | 135   | 135                                | WP                       | 25                                 |
|   | <b>Course</b>                                 | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b>                      | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>     | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| a)                                      | Project name (Project)                        | 9P,<br>WS+SS                                     | 135   | 135                                | CE                       | 25                                 |

### 3 Projektarbeit

|   |  |
|---|--|
| 2 | <p><b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b></p> <p>1 aus n<br/>1 of n</p>  |
| 3 | <p><b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b></p> <p>Keine</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

| 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>Referat</td> <td style="text-align: center;">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> <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%;">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> <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) | 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%                           |                   |                              |    |         |        |      |    |                     |                   |                                |    |              |        |      |
| 7  | <p><b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b></p> <p>keine</p>  |                   |                                |                   |                              |    |         |        |      |    |                     |                   |                                |    |              |        |      |
| 8  | <p><b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b></p> <p>Keine<br/>None</p>   |                   |                                |                   |                              |    |         |        |      |    |                     |                   |                                |    |              |        |      |
| 9  | <p><b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br/>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).<br/>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</p>   |                   |                                |                   |                              |    |         |        |      |    |                     |                   |                                |    |              |        |      |
| 11 | <p><b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b></p> <p>keine</p>  |                   |                                |                   |                              |    |         |        |      |    |                     |                   |                                |    |              |        |      |
| 12 | <p><b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b></p> <p>Dr.-Ing. Carsten Balewski</p>   |                   |                                |                   |                              |    |         |        |      |    |                     |                   |                                |    |              |        |      |
| 13 | <p><b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b></p> <p>Wechselnde Dozenten<br/> <i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Projektname (Projekt):</i><br/>           Wechselnde Dozenten</p>   |                   |                                |                   |                              |    |         |        |      |    |                     |                   |                                |    |              |        |      |

### 3 Projektarbeit

|   |
|---|
| Changing lecturers<br><i>Other notes of course Projektname (Projekt):</i><br>Changing lecturers |
|---|

## 3.2 Jahresprojekt

| Projektarbeit  |   |   |   |                                |                          |                                |
|--|---|---|---|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Project  |   |   |   |                                |                          |                                |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b><br><br>M.048.28501 - M.048.28999 | <b>Workload (h):</b><br><br>540                                     | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b><br><br>18           | <b>Turnus / Regular Cycle:</b><br><br>Sommer- / Wintersemester<br>summer- / winter term |                                |                          |                                |
|  | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b><br><br>2.-3. Semester | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>Duration (in sem.):</b><br><br>2 | <b>Sprache / Teaching Language:</b><br><br>en   |                                |                          |                                |
| <b>1</b>   | <b>Modulstruktur / Module structure:</b>                            |   |   |                                |                          |                                |
| a)   | L.048.28501-28999<br>Projektname (Projekt)                          | 18P,<br>WS+SS   | 270   | 270                            | WP                       | 25                             |
|  | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teachin</b>                                | <b>contact-<br/>time (h)</b>  | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b> | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b> |
| a)   | Projct name (Project)   | 18P,<br>WS+SS   | 270   | 270                            | CE                       | 25                             |
| <b>2</b>   | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b><br>1 aus n<br>1 of n |   |   |                                |                          |                                |
| <b>3</b>   | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:</b><br>Keine |   |   |                                |                          |                                |

### 3 Projektarbeit

| 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> |                   |                              |                   |                              |    |         |        |      |
| 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>Referat</td> <td style="text-align: center;">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) | Referat | 30 min | 100% |
| zu | Prüfungsform   | Dauer bzw. Umfang | Gewichtung für die Modulnote |                   |                              |    |         |        |      |
| a) | Referat  | 30 min            | 100%                         |                   |                              |    |         |        |      |

### 3 Projektarbeit

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  | <input checked="" type="checkbox"/> Modulabschlussprüfung (MAP)   | <input type="checkbox"/> Modulprüfung (MP) | <input type="checkbox"/> Modulteilprüfungen (MTP) |
| zu   | <b>Type of examination</b>  | <b>Duration or scope</b>                   | <b>Weighting for the module grade</b>             |
| a)   | Presentation  | 30 min                                     | 100%  |
| <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> |   |  |   |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br>keine   |  |   |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None   |  |   |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.             |  |   |
| 10   | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).   |  |   |
| 11   | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>keine   |  |   |
| 12   | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Dr.-Ing. Carsten Balewski  |  |   |
| 13   | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br>Wechselnde Dozenten<br><i>Sonstige Hinweise der Lehrveranstaltung Projektname (Projekt):</i><br>Wechselnde Dozenten<br><br>Changing lecturers<br><i>Other notes of course Projektname (Projekt):</i><br>Changing lecturers |  |   |

# 4 Masterarbeit

## 4.1 Masterarbeit

| <b>Masterarbeit</b>                     |   |  |                              |   |                          |                                    |
|---|---|--|------------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|
| Master thesis                           |   |  |                              |   |                          |                                    |
| <b>Modulnummer /<br/>Module number:</b> | <b>Workload (h):</b>                                      | <b>Leistungspunkte /<br/>Credits:</b>            |                              | <b>Turnus / Regular Cycle:</b>                    |                          |                                    |
| A.048.20001                             | 900   | 30   |                              | Sommer- / Wintersemester<br>summer- / winter term |                          |                                    |
|   | <b>Studiensemester /<br/>Semester number:</b>             | <b>Dauer (in Sem.) /<br/>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-<br/>form</b>                            | <b>Kontakt-<br/>zeit (h)</b> | <b>Selbst-<br/>studium<br/>(h)</b>                | <b>Status<br/>(P/WP)</b> | <b>Gruppen-<br/>größe<br/>(TN)</b> |
|   | <b>Course</b>   | <b>form of<br/>teachin</b>                       | <b>contact-<br/>time (h)</b> | <b>self-<br/>study<br/>(h)</b>                    | <b>status<br/>(C/CE)</b> | <b>group<br/>size<br/>(TN)</b>     |
| 2                                       | <b>Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:</b>            |  |                              |   |                          |                                    |
|   | Keine<br>None   |  |                              |   |                          |                                    |
| 3                                       | <b>Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements:</b> |  |                              |   |                          |                                    |
|   | Keine   |  |                              |   |                          |                                    |

## 4 Masterarbeit

|   |   |
|---|---|
| 4 | <p><b>Inhalte / Contents:</b></p> <p><b>Kurzbeschreibung</b><br/>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><br/>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><br/>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><br/>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>   |

#### 4 Masterarbeit

| 6  | <b>Prüfungsleistung / Assessments:</b><br><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%; text-align: center;">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;"> </td> <td>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%                           |                   |                                |  |               |  |      |
|    | <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%; text-align: center;">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;"> </td> <td>Master thesis</td> <td> </td> <td style="text-align: center;">100%</td> </tr> </tbody> </table> | zu                | Type of examination            | Duration or scope | Weighting for the module grade |  | Master thesis |  | 100% |
| zu | Type of examination  | Duration or scope | Weighting for the module grade |                   |                                |  |               |  |      |
|    | Master thesis  |                   | 100%                           |                   |                                |  |               |  |      |
| 7  | <b>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:</b><br>keine  |                   |                                |                   |                                |  |               |  |      |
| 8  | <b>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:</b><br>Keine<br>None  |                   |                                |                   |                                |  |               |  |      |
| 9  | <b>Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits:</b><br>Die Vergabe der Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.<br>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.  |                   |                                |                   |                                |  |               |  |      |
| 10 | <b>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:</b><br>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).<br>The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).  |                   |                                |                   |                                |  |               |  |      |
| 11 | <b>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen / Reuse in degree courses:</b><br>keine  |                   |                                |                   |                                |  |               |  |      |
| 12 | <b>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:</b><br>Dr.-Ing. Carsten Balewski   |                   |                                |                   |                                |  |               |  |      |
| 13 | <b>Sonstige Hinweise / Other Notes:</b><br>Betreuung jeweils durch Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts<br><br>Supervision by academic staff of the institute   |                   |                                |                   |                                |  |               |  |      |

Erzeugt am 23. März 2019 um 20:01.