UNIVERSITÄT PADERBORN

FAKULTÄT FÜR ELEKTROTECHNIK, INFORMATIK UND MATHEMATIK

INSTITUT FÜR ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

MODULHANDBUCH FÜR DEN MASTERSTUDIENGANG ELEKTROTECHNIK V4 UND V4B (EMA V4 UND V4B)

STAND: 8. SEPTEMBER 2026

Inhaltsverzeichnis

1 Präambel und Hinweise **3**

2 Module im Masterstudiengang **4**
2.1 Vorbemerkungen und Modultabelle 4
2.2 Gebiet Theoretische Elektrotechnik 6
2.2.1 Theoretische Elektrotechnik 6
2.3 Gebiet Statistische Signale 11
2.3.1 Statistische Signale 11
2.4 Kataloge der Wahlpflichtmodule 20
2.4.1 Energie und Umwelt 20
2.4.2 Kognitive Systeme 77
2.4.3 Kommunikationstechnik 126
2.4.4 Mikroelektronik 180
2.4.5 Optoelektronik 220
2.4.6 Prozessdynamik 263

3 Projektarbeit **307**
3.1 Halbjahresprojekt 307
3.2 Jahresprojekt 311

4 Studium Generale **314**

5 Masterarbeit **317**
5.1 Masterarbeit 317

6 Übersicht des Modulangebotes im Wintersemester **320**

7 Übersicht des Modulangebotes im Sommersemester **321**

8 Übersicht der Modulangebote in englischer Sprache **322**

1 Präambel und Hinweise

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

Bei Fragen zu dieser Präambel wenden Sie sich bitte entweder

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

Bitte beachten Sie auch, dass

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

2 Module im Masterstudiengang

2.1 Vorbemerkungen und Modultabelle

Vorbemerkungen

In dem Masterstudiengang Elektrotechnik sind die Pflichtmodule Theoretische Elektrotechnik und Statistische Signale im Umfang von je 6 Leistungspunkten und zunächst 3 Wahlpflichtmodule im Umfang von je 6 Leistungspunkten zu absolvieren. Die 3 Wahlpflichtmodule sind aus 3 der 6 Kataloge

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

zu wählen. Durch diese Wahl der Kandidatin bzw. des Kandidaten sind die individuellen Kataloge I, II und III markiert, aus denen dann je 1 weiteres Wahlpflichtmodul pro Katalog zu wählen ist. 2 zusätzliche Wahlpflichtmodule sind aus einem der zuvor gewählten Kataloge I oder II oder III zu wählen; damit soll eine weitere fachliche Vertiefung in einer Disziplin erreicht werden. Darüber hinaus sind zwei Projektarbeiten im Gesamtumfang von 2*9 Leistungspunkten oder 1 Projektarbeit im Umfang von 18 Leistungspunkten anzufertigen. Das Studium generale im Umfang von 12 Leistungspunkten soll die Schlüsselqualifikationen weiterentwickeln, analytisches Denken in fachübergreifenden Zusammenhängen fördern und fremdsprachliche Qualifikationen ausbauen. Zum Studienabschluss ist eine Masterarbeit im Umfang von 30 Leistungspunkten anzufertigen.

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

Modultabelle

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

2 Module im Masterstudiengang

Gebiet	Module	ECTS
2 Wahlpflichtmodule Katalog I	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog II	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
2 Wahlpflichtmodule Katalog III	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
2 Wahlpflichtmodule aus Katalog I oder aus Katalog II oder aus Katalog III	1 Wahlpflichtmodul	6
	1 Wahlpflichtmodul	6
Projekt	1 Jahresprojekt oder 2 Semesterprojekte	18
Studium Generale	nach Wahl der Studierenden in nicht-elektrotechnischen Gebieten	12
	Masterarbeit	30
	Gesamt	120

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

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

2.2 Gebiet Theoretische Elektrotechnik

2.2.1 Theoretische Elektrotechnik

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

Modulnummer / Module number:	**Workload (h):**	**Leistungspunkte / Credits:**	**Turnus / Regular Cycle:**
M.048.21003	180	6	Wintersemester
	Studiensemester / Semester number:	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):**	**Sprache / Teaching Language:**
	1. Semester	1	de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.21003 Theoretische Elektrotechnik	2V 2Ü, WS	60	120	P	50/25

		Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
	a)	L.048.21003 Theoretical Electrical Engineering	2L 2Ex, WS	60	120	C	50/25

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Theoretische Elektrotechnik:
Empfohlen: Kenntnisse über elektromagnetische Wellenausbreitung im Freiraum und Hohlwellenleitern, z.B. erworben in der Vorlesung “Elektromagnetische Wellen”.

None

Prerequisites of course Theoretische Elektrotechnik:
Recommended: Knowledge of electromagnetic wave propagation in free space and waveguides, e.g. acquired in the lecture “Electromagnetic Waves”.

4 **Inhalte / Contents:**

Inhalte der Lehrveranstaltung Theoretische Elektrotechnik:
Kurzbeschreibung
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.
Inhalt
Die Vorlesung Theoretische Elektrotechnik gliedert sich wie folgt

- Repetition der Grundlagen der Wellenausbreitung
- Verluste in Wellenleitern
- optische Wellenleiter
- planare Leitungen
- Kavitäten und deren Anwendung
- Grundlagen der Antenntentheorie

	Contents of the course Theoretische Elektrotechnik: **Short description** Theoretical electrical engineering describes the basis of all electrical engineering processes and provides a physical background for all types of energy transfer and conversion in electrical engineering systems, as well as information transfer by guided waves and free space waves. Building on fundamental knowledge from the bachelor's program, this course provides an understanding of the physical analysis of such systems. **Content Theoretical Electrical Engineering lecture is organized as follows. • Repetition of the basics of wave propagation. • losses in waveguides • optical waveguides • planar waveguides • cavities and their application • basics of antenna theory
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren), • eine geeignete analytische Lösungsmethode zu identifizieren und anzuwenden (Anwenden, Synthetisieren), • die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu bewerten (Evaluieren), • theoretische Modelle zu entwickeln und deren Gültigkeit zu validieren (Synthetisieren, 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.

Domain competence:
After attending the course, students will be able to,

- formulate electromagnetic field problems mathematically (modeling, analyzing),
- identify and apply a suitable analytical solution method (apply, synthesize),
- illustrate the obtained results and evaluate them physically (Evaluate),
- Develop theoretical models and validate their validity (Synthesize, Evaluate).

Cross-disciplinary competencies:
The students

- learn to apply the acquired knowledge and skills across disciplines,
- expand their cooperation and teamwork skills as well as presentation skills when working on exercises,
- learn strategies for acquiring knowledge by studying literature and using the Internet.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	Klausur	120-180 min	100%

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written Examination	120-180 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Jens Förstner
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Theoretische Elektrotechnik:* **Lehrveranstaltungsseite** `https://ei.uni-paderborn.de/tet/` **Methodische Umsetzung** Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die daneben aber auch einen großen Anteil an Feldvisualisierungen enthält. In den Übungen wird die Theorie anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden. **Lernmaterialien, Literaturangaben** Vorlesungsfolien und -mitschriften, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. *Remarks of course Theoretische Elektrotechnik:* **Course Homepage** `https://ei.uni-paderborn.de/tet/` **Methodological Implementation**. The theoretical concepts are presented in the form of a lecture, which also contains a large proportion of field visualizations. In the exercises, the theory is deepened by means of simple questions and calculation examples, which are solved independently during the attendance exercises. **Learning materials, references** Lecture slides and transcripts, further literature recommendations will be announced in the lecture.

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. Häb-Umbach, Reinhold, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
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			
Modulnummer / **Module number:** M.048.210XX	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte** / **Credits:** 6	**Turnus** / **Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / **Semester number:** 1	**Dauer (in Sem.)** / **Duration (in sem.):** 1	**Sprache** / **Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.048.21004 Verarbeitung statistischer Signale	2V 2Ü, WS	60	120	P	60/30
b)	L.048.24014 Statistical Signal Processing	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

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

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

1 aus 2 bzw. Lehrveranstaltung a) oder b)

1 of 2 resp. Course a) or b)

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale:
Empfohlen: Grundkenntnisse in statistischer Signalbeschreibung, wie sie in einem Bachelorstudium Elektrotechnik oder verwandter Disziplinen gelernt werden.

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:
Empfohlen: Grundvorlesungen der Signaltheorie und Wahrscheinlichkeitsrechnung

None

Prerequisites of course Verarbeitung statistischer Signale:
Recommended: Basic knowledge of statistical signal description as learned in a bachelor's degree program in electrical engineering or related disciplines.

Prerequisites of course Statistical Signal Processing:
Recommended: Undergraduate courses in signal processing and probability

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale:* **Kurzbeschreibung** Mit der Veranstaltung Verarbeitung statistischer Signale erlangen die Studierenden ein Verständnis für die Bedeutung der beschreibenden und schließenden Statistik für viele Bereiche der Elektrotechnik. Sie festigen ihre Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik und erhalten einen Einblick in die Schätz- und Detektionstheorie, sowie die statistische Zeitreihenanalyse. Darüber hinaus werden Verfahren vorgestellt, mit deren Hilfe aus Daten gewonnene Schätzwerte hinsichtlich statistischer Signifikanz bewertet werden können. Die Kenntnis der Detektions- und Estimationstheorie, sowie der Zeitreihenanalyse, aber auch die kritische Bewertung von experimentellen Ergebnissen sind von essentieller Bedeutung für das Verständnis und die kritische Anwendung moderner Signalverarbeitungsverfahren. **Inhalt** • Zufallsexperiment, axiomatischer Begriff der Wahrscheinlichkeit • Begriff der Zufallsvariablen, Verteilungsfunktion, wichtige Verteilungen diskreter und kontinuierlicher Zufallsvariablen, Zufallsvariablentransformation • Maximum-Likelihood Parameterschätzung, lineare Schätzer, Bewertung der Qualtiät von Schätzern, Cramer-Rao Schranke • Bayes'sche Schätzverfahren, (L)MMSE-Schätzung, Spezialfall Gaußverteilung • Stochastische Prozesse, Stationärität, Ergodizität, Korrelationsfunktion und Leistungsdichtespektrum, weißes Rauschen, Markovketten • Optimalfilter nach Wiener, autoregressive Prozesse • Maximum-a-Posteriori und Neyman-Pearson Entscheidungsregel, Receiver Operating Characteristic, statistische Hypothesentests *Inhalte der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:* **Kurzbeschreibung** Unter "Statistical signal processing" versteht man die Techniken, die Ingenieure und Statistiker benutzen, um unvollständige und fehlerbehaftete Messungen auszuwerten. Diese Veranstaltung beschäftigt sich mit einer Auswahl von Themen aus den wesentlichen Bereichen Detektion, Schätztheorie und Zeitreihenanalyse. **Inhalt** Mögliche Themen dieser Veranstaltung sind Korrelationsanalyse, LMMSE Schätzer, Güteabschätzungen von Parameterschätzfunktionen, Neyman-Pearson Detektoren, im weiteren Sinne stationäre Zeitreihen, nichtstationäre Zeitreihen, periodisch stationäre Zeitreihen und komplexwertige Zufallssignale.

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

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

Contents of the course Statistical Signal Processing:
Short Description
Statistical signal processing comprises the techniques that engineers and statisticians use to draw inference from imperfect and incomplete measurements. This course covers a selection of topics from the major domains of detection, estimation, and time series analysis.
Contents
Topics that may be covered in this course include correlation analysis, linear minimum mean-squared error estimation, performance bounds for parameter estimation, Neyman-Pearson detectors, wide-sense stationary, nonstationary and cyclostationary time series, and complex-valued random signals.

5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch des Moduls in der Lage, • Zufällige Größen oder Signale mit Methoden der statistischen Signalverarbeitung zu beschreiben • Eigenständig Berechnungen bzgl. Ausfallsicherheit, Trefferhäufigkeit etc. durchzuführen • Selbstständig Schätzverfahren für einfache Parameterschätzprobleme zu entwerfen und anzuwenden • Statistische Hypothesentests zu konstruieren und auf konkrete Fragestellungen anzuwenden • Die Randbedingungen für experimentelle Untersuchungen so zu definieren, dass die Ergebnisse zu belastbaren Aussagen führen • Neu gewonnene experimentelle Daten mit bestehenden Modellen zu vergleichen • Eine Korrelations- oder Spektralanalyse auf Zeitreihen anzuwenden • Optimalfilter für gegebene Fragestellungen zu entwerfen Nach dem Besuch dieses Moduls werden Studenten mit den Grundprinzipien der statistischen Signalverarbeitung vertraut sein. Sie verstehen, wie man Techniken der statistischen Signalverarbeitung in der Elektrotechnik einsetzen kann und sie können diese auf relevante Gebiete (wie z.B. in der Nachrichtentechnik) anwenden. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • Können die Methoden zur Beschreibung von Größen und Signalen als Zufallsvariablen bzw. Zufallsprozesse auf verschiedenste Fragestellungen aus dem Bereich der Elektro- und Informationstechnik anwenden. • Können die Leistungsfähigkeit, aber auch die Grenzen statistischer Methoden in den verschiedenen Anwendungen einschätzen • Sind sie in der Lage, Ergebnisse experimenteller Untersuchungen aus den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern kritisch zu bewerten und Experimente so zu entwerfen, dass deren Ergebnisse belastbare Aussagen zulassen. • Können Messergebnisse unter Nutzung moderner Programmsysteme auswerten • Können in einer Gruppe umfangreichere Aufgabenstellungen gemeinsam analysieren, in Teilaufgaben zerlegen und lösungsorientiert bearbeiten

Domain competence:
After attending the module, students will be able to,

- describe random variables or signals with methods of statistical signal processing
- independently perform calculations regarding reliability, hit frequency, etc.
- Design and apply estimation methods for simple parameter estimation problems.
- Construct statistical hypothesis tests and apply them to concrete problems
- Define the boundary conditions for experimental investigations in such a way that the results lead to reliable conclusions
- Compare newly obtained experimental data with existing models
- To apply a correlation or spectral analysis to time series
- To design optimal filters for given problems.

After attending this module, students will be familiar with the basic principles of statistical signal processing. They will understand how to use statistical signal processing techniques in electrical engineering and they will be able to apply them to relevant areas (such as in communications engineering). Students will develop the confidence to solve mathematical problems in analysis and design. The principles learned in this course can be applied to other fields.
Key qualifications:
Students will

- Are able to apply the methods of describing quantities and signals as random variables or random processes to a wide variety of problems in the field of electrical engineering and information technology.
- Are able to assess the power, but also the limitations of statistical methods in various applications.
- Are able to critically evaluate results of experimental investigations from various fields of application and to design experiments in such a way that their results allow reliable conclusions to be drawn.
- Are able to evaluate measurement results using modern program systems
- Are able to analyze extensive tasks in a group, break them down into subtasks and work on them in a solution-oriented manner.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a) - b)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

	none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Bho Matthiesen

13 **Sonstige Hinweise** / **Other Notes:**

Hinweise der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale:
Lehrveranstaltungsseite
`https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/verarbeitung-statistischer-signale`
Methodische Umsetzung

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

Lernmaterialien, Literaturangaben
Bereitstellung eines Skripts, das im Laufe der Vorlesung kapitelweise ergänzt wird. Bereitstellung der Übungsaufgaben samt Musterlösungen und Beispielimplementierungen in Python
Weitere Literatur:

- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing — Estimation Theory, Prentice Hall, 1993
- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing — Detection Theory, Prentice Hall, 1998
- R. G. Gallager, Stochastic Processes — Theory for Applications, Cambridge University Press, 2013
- R. L. Schilling, Wahrscheinlichkeit — Stochastik von Abweichungen bis Zufall, De Gruyter, 2025
- N. Henze, Stochastik für Einsteiger, 11. Auflage, Springer Spektrum, 2017
- E. Hänsler, Statistische Signale — Grundlagen und Anwendungen, 3. Auflage, Springer, 2001
- J. L. Melsa, D. L. Cohn, Decision and Estimation Theory, McGraw-Hill, Kogakusha, 1987
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 2. Ausgabe, McGraw-Hill, New York, 1984

Hinweise der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:
Lehrveranstaltungsseite
`http://sst.upb.de/teaching`
Methodische Umsetzung
Vorlesung und Übung
Lernmaterialien, Literaturangaben
Literature references are given in the first lecture.

Remarks of course Verarbeitung statistischer Signale:
Course Homepage
`https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/statistical-signal-processing`
Methodical implementation

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

Learning materials, references
Provision of lecture notes, extended chapter by chapter during the course. Provision of exercise problems including sample solutions and example implementations in Python.
Further literature:

- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing — Estimation Theory, Prentice Hall, 1993
- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing — Detection Theory, Prentice Hall, 1998
- R. G. Gallager, Stochastic Processes — Theory for Applications, Cambridge University Press, 2013
- R. L. Schilling, Wahrscheinlichkeit — Stochastik von Abweichungen bis Zufall, De Gruyter, 2025
- N. Henze, Stochastik für Einsteiger, 11th edition, Springer Spektrum, 2017
- E. Hänsler, Statistische Signale — Grundlagen und Anwendungen, 3rd edition, Springer, 2001
- J. L. Melsa, D. L. Cohn, Decision and Estimation Theory, McGraw-Hill, Kogakusha, 1987
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 1984

Remarks of course Statistical Signal Processing:
Course Homepage
`http://sst.upb.de/teaching`
Implementation
Lectures and tutorials
Teaching Material, Literature
Literature references are given in the first lecture.

2.4 Kataloge der Wahlpflichtmodule

2.4.1 Energie und Umwelt

Katalogname / Name of catalogue	Energie und Umwelt / Energy and Environment
Module / Modules	* Bauelemente der Leistungselektronik / Power Electronic Devices
	* Circular Economy and Energy / Circular Economy and Energy
	* Datengetriebenes Ressourcenmanagement / Data-driven Resource Management
	* Design of Energy Transition Scenarios / Design of Energy Transition Scenarios
	* Energiesystemtechnik / Energy Systems Technologies
	* Energy Transition / Energy Transition
	* Geregelte Netzumrichter / Control of Grid-Tied Converters
	* Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen / Industry-related sustainability topics
	* Leistungselektronik / Power Electronics
	* Leistungselektronische Stromversorgungen / Switched Mode Power Supplies
	* Mensch-Haus-Umwelt / Men-House-Environment
	* Modellierung von Energiesystemen / Modelling of Energy Systems
	* Prozessdynamik und Prozessregelung / Process Dynamics and Process Control
	* Sektorenkopplung und chemische Energiespeicher / Sector coupling and chemical energy storage
	* Solar Electric Energy Systems / Solar Electric Energy Systems
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Meschede, Henning, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6

Katalogname / Name of catalogue	Energie und Umwelt / Energy and Environment
Lernziele / Learning objectives	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. 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.

Datengetriebenes Ressourcenmanagement

Data-driven Resource Management

Modulnummer / Module number:	**Workload (h):**	**Leistungspunkte / Credits:**	**Turnus / Regular Cycle:**
M.104.7420	180	6	Wintersemester
	Studiensemester / Semester number:	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):**	**Sprache / Teaching Language:**
	1.-3.	1	de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.104.61231 Datengetriebenes Ressourcenmanagement (ET)	V2 S2	60	120	P	12

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.104.61231 Data-driven Resource Management	L2 S2	60	120	C	12

2	**Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:** Keine None
3	**Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:** Keine None
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Datengetriebenes Ressourcenmanagement (ET):* In dieser Lehrveranstaltung erarbeiten die Studierenden gemeinsam mit den Lehrenden interdisziplinär Lösungen für die Schnittstellen der Themen IIOT (Industrial Internet of Things) und Ressourcenmanagement. Ziele sind zum Beispiel die Nutzung von industriellen Prozessen und Energiespeichern zur zeitlichen Verschiebung von Energieströmen (Unterstützung der Energiewende) sowie Erhöhung der innerbetrieblichen Ressourcen- und Energieeffizienz. Der Fokus liegt thematisch auf den Energie- und Materialbedarfen in der Industrie. Hierzu gibt es bereits einige technische Ansätze, die innerhalb der Veranstaltung verbessert oder miteinander verbunden werden sollen. Grundbestandteile der Veranstaltung (variiert je nach Semesteraufgabe): • Grundlagen zu Ressourcenmanagement und -effizienz • Grundlagen zu Energiemanagement und -effizienz, dezentrale Energieversorgung in der Industrie, Potenziale der Energiespeicherung • Messtechnik • Grundlagen zu Datenmanagement • Produktdatenmanagement und Produktlebenszyklusmanagement • Kreatives Finden von Lösungen • Vorstellung der Fragestellungen • Durchführung einer Projektierung als Gruppe *Contents of the course Datengetriebenes Ressourcenmanagement (ET):* In this course, students work together with lecturers to develop interdisciplinary solutions for the interfaces between the topics of IIOT (Industrial Internet of Things) and resource management. The objectives are, for example, the use of industrial processes and energy storage systems to shift energy flows over time (supporting the energy transition) and increasing internal resource and energy efficiency. The thematic focus is on energy and material requirements in industry. There are already a number of technical approaches to this, which will be improved or combined within the event. Basic components of the course (varies depending on the semester assignment): • Fundamentals of resource management and efficiency • Fundamentals of energy management and efficiency, decentralized energy supply in industry, potentials of energy storage • Measuring technology • Fundamentals of data management • Management of product data and product life cycle • Finding creative solutions • Presentation of the issues • Carrying out project planning as a group

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

Zunächst erwerben die Studierenden das benötigte Fachwissen (siehe Inhalte). Anschließend werden Problemstellungen gemeinsam formuliert oder vom Dozenten/der Dozentin vorgegeben. Die Studierenden erarbeiten (möglichst in Gruppen) Lösungen, um die Nachhaltigkeit in der Produktion bzw. der Fabrik zu steigern. Dies kann z. B. eine technische (ggf. patentwürdige) Lösung, ein Prototyp für ein Produkt, eine Business-Idee zu einer Ausgründung oder auch eine eingehende Beschäftigung sein. Das Vorgehen fördert die kommunikativen Kompetenzen sowie Team- und Reflexionsfähigkeit. Die Veranstaltung ist teilnehmerbegrenzt. Die Angabe dieser Begrenzung ist in Summe für die zugehörigen Veranstaltungen gemeint, z.B. auch nach anderer Prüfungsordnung. Bitte hinterlegen Sie daher Ihr Interesse nach Windhundverfahren per E-Mail: olga.janzen@uni-paderborn.de.

Firstly, students acquire the necessary specialised knowledge (see contents). Subsequently, problems are formulated together or specified by the lecturer. The students develop solutions (preferably in groups) to increase sustainability in production or the factory. This can be, for example, a technical (possibly patentable) solution, a prototype for a product, a business idea for a spin-off or an in-depth study. The procedure promotes communication skills as well as teamwork and the ability to reflect.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	schriftliche Hausarbeit (Einzelarbeit) sowie Projektarbeit (Gruppenarbeit)	15-30 Seiten sowie Dokumentation und Präsentation (30 Minuten)	40% / 60%

□Final module exam (MAP) □Module exam (MP) ⊠Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)			40% / 60%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

	The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Osman Altun, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Alexander Schlüter
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** Zunächst erwerben die Studierenden das benötigte Fachwissen (siehe Inhalte). Anschließend werden Problemstellungen gemeinsam formuliert oder vom Dozenten/der Dozentin vorgegeben. Die Studierenden erarbeiten (möglichst in Gruppen) Lösungen, um die Nachhaltigkeit in der Produktion bzw. der Fabrik zu steigern. Dies kann z. B. eine technische (ggf. patentwürdige) Lösung, ein Prototyp für ein Produkt, eine Business-Idee zu einer Ausgründung oder auch eine eingehende Beschäftigung sein. Das Vorgehen fördert die kommunikativen Kompetenzen sowie Team- und Reflexionsfähigkeit. Die Veranstaltung ist teilnehmerbegrenzt. Die Angabe dieser Begrenzung ist in Summe für die zugehörigen Veranstaltungen gemeint, z.B. auch nach anderer Prüfungsordnung. Bitte hinterlegen Sie daher Ihr Interesse nach Windhundverfahren per E-Mail: olga.janzen@uni-paderborn.de. *Hinweise der Lehrveranstaltung Datengetriebenes Ressourcenmanagement (ET):* Zunächst erwerben die Studierenden das benötigte Fachwissen (siehe Inhalte). Anschließend werden Problemstellungen gemeinsam formuliert oder vom Dozenten/der Dozentin vorgegeben. Die Studierenden erarbeiten (möglichst in Gruppen) Lösungen, um die Nachhaltigkeit in der Produktion bzw. der Fabrik zu steigern. Dies kann z. B. eine technische (ggf. patentwürdige) Lösung, ein Prototyp für ein Produkt, eine Business-Idee zu einer Ausgründung oder auch eine eingehende Beschäftigung sein. Das Vorgehen fördert die kommunikativen Kompetenzen sowie Team- und Reflexionsfähigkeit. Die Veranstaltung ist teilnehmerbegrenzt. Die Angabe dieser Begrenzung ist in Summe für die zugehörigen Veranstaltungen gemeint, z.B. auch nach anderer Prüfungsordnung. Bitte hinterlegen Sie daher Ihr Interesse nach Windhundverfahren per E-Mail: olga.janzen@uni-paderborn.de.

	Students first acquire the required subject knowledge (see content). They then formulate problems together or are given problems by the lecturer. Working, where possible, in groups, students develop solutions to increase sustainability in production and/or in the factory. This may involve, for example, a technical, potentially patentable solution, a prototype for a product, a business idea for a spin-off, or an in-depth exploration of a topic. This approach fosters communication skills, teamwork, and the ability to reflect. The number of participants for this event is limited. The specified limit refers to the total number of participants for the associated events, including, for example, those under different examination regulations. If you are interested, please e-mail olga.janzen@uni-paderborn.de. Places will be allocated on a first come, first served basis. *Remarks of course Datengetriebenes Ressourcenmanagement (ET):* Students first acquire the required subject knowledge (see content). They then formulate problems together or are given problems by the lecturer. Working, where possible, in groups, students develop solutions to increase sustainability in production and/or in the factory. This may involve, for example, a technical, potentially patentable solution, a prototype for a product, a business idea for a spin-off, or an in-depth exploration of a topic. This approach fosters communication skills, teamwork, and the ability to reflect. The number of participants for this event is limited. The specified limit refers to the total number of participants for the associated events, including, for example, those under different examination regulations. If you are interested, please e-mail olga.janzen@uni-paderborn.de. Places will be allocated on a first come, first served basis.

Circular Economy			
Circular Economy			
Modulnummer / Module number: M.104.7422	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3.	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.104.61241 Circular Economy (ET)	V2 S2	60	120	P	12

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.104.61241 Circular Economy	L2 S2	60	120	C	12

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

None

4	**Inhalte / Contents:** Die Inhalte dieses Moduls drehen sich um die interdisziplinäre Entwicklung von zirkulären Lösungen im Energiebereich. Die Unterthemen des Semesters werden spätestens zu Beginn der Einschreibung auf der Homepage des Fachbereichs (go.upb.de/NIWI_1) bekannt gegeben. Beispiele könnten sein: Kreislaufwirtschaft für Batterien, für Transformatoren, für Photovoltaikanlagen. Die grundlegenden Bestandteile sind: • Grundlagen der Kreislaufwirtschaft • Energiesysteme und ihre Komponenten • Semesterspezifisches Unterthema von CE im Energiebereich • Übungen zur Kreislaufwirtschaft in den ausgewählten Unterthemen der Energiebranche • Kritikalität • Erarbeitung der Problemstellung bzw. des Bedarfs • Durchführen einer Projektplanung • Rückkopplung und Optimierung The contents of this module revolve around the interdisciplinary development of circular economy (CE) solutions in the field of energy. The subtopics of the semester will be announced on the department's homepage (go.upb.de/NIWI_1) no later than the start of registration. Examples could be: CE for batteries, CE for transformers, CE for Photovoltaic systems. The basic components are: • Basics of Circular economy • Energy systems and its components • Assignments on circular economy in the selected subtopics of the energy branch • Semester-specific subtopic of CE in the energy field • Criticality • Elaboration of the problem or need • Carrying out project planning • Feedback and optimization
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Die Studierenden erwerben Fachwissen zum Unterthema des Semesters (siehe Inhalte). Dazu werden gemeinsam Problemstellungen formuliert oder von den Dozenten vorgegeben. Die Studierenden entwickeln Lösungen für ein nachhaltigeres Zusammenleben oder eine nachhaltigere Wirtschaft. Dies kann z.B. eine technische (evtl. patentfähige) Lösung, ein Prototyp für ein Produkt, eine Geschäftsidee für eine Ausgründung oder auch eine vertiefte Arbeit sein. Der Ansatz fördert kommunikative Fähigkeiten sowie die Fähigkeit, in einem Team zu arbeiten und über Lösungen für einen bestimmten CE-Ansatz nachzudenken. Students acquire specialist knowledge on the subtopic of the semester (see contents). For this purpose, problems are formulated together or given by the lecturer. The students develop solutions for a more sustainable coexistence or a more sustainable economy. This can e.g. be a technical (possibly patent-worthy) solution, a prototype for a product, a business idea for a spin-off or even an in-depth job. The approach promotes communicative skills as well as the ability to work in a team and reflect on solutions for a specific CE approach.

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
□Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) ⊠Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>schriftliche Hausarbeit (Einzelarbeit) sowie Projektarbeit (Gruppenarbeit)</td><td>15-30 Seiten sowie Dokumentation und Präsentation (30 Minuten)</td><td>40%/60%</td></tr>
</table>
□Final module exam (MAP) □Module exam (MP) ⊠Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td></td><td></td><td>40%/60%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden sind.
The credit points are awarded after the module examinations (MTP) were passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Dr. Reem Shaheen, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Alexander Schlüter</td></tr>
</table>

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** Die Studierenden erwerben Fachwissen zu den angegebenen Themen (siehe Inhalt). Dazu werden gemeinsam Problemstellungen formuliert oder vom Dozenten vorgegeben. Die Studierenden entwickeln Lösungen für ein nachhaltigeres Zusammenleben oder eine nachhaltigere Wirtschaft. Dies kann z.B. eine technische (evtl. patentfähige) Lösung, ein Prototyp für ein Produkt, eine Geschäftsidee für eine Ausgründung oder auch eine vertiefte Arbeit sein. Der Ansatz fördert kommunikative Fähigkeiten sowie die Fähigkeit, in einem Team zu arbeiten und über Lösungen für einen bestimmten CE-Ansatz nachzudenken. Die Veranstaltung ist teilnehmerbegrenzt. Die Angabe dieser Begrenzung ist in Summe für die zugehörigen Veranstaltungen gemeint, z.B. auch nach anderer Prüfungsordnung. Bitte hinterlegen Sie daher Ihr Interesse nach Windhundverfahren per E-Mail: reem.shaheen@uni-paderborn.de. Students acquire specialist knowledge on the mentioned topics (see contents). For this purpose, problems are formulated together or given by the lecturer. The students develop solutions for a more sustainable coexistence or a more sustainable economy. This can e.g. be a technical (possibly patent-worthy) solution, a prototype for a product, a business idea for a spin-off or even an in-depth job. The approach promotes communicative skills as well as the ability to work in a team and reflect on solutions for a specific CE approach. The number of participants for this event is limited. The specified limit refers to the total number of participants for the associated events, including, for example, those under different examination regulations. If you are interested, please e-mail reem.shaheen@uni-paderborn.de. Places will be allocated on a first come, first served basis.

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.22003 Bauelemente der Leistungselektronik	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22003 Power Electronic Devices		60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Bauelemente der Leistungselektronik:
Empfohlen: Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert.

None

Prerequisites of course Bauelemente der Leistungselektronik:
Recommended: Knowledge from lecture Power Electronics is desirable.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Bauelemente der Leistungselektronik:* **Kurzbeschreibung** Die Vorlesung behandelt Leistungshalbleiterbauelemente, ihre Beschaltung und Ansteuerung sowie Kühlung. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Auslegung magnetischer Bauteile und schnelle Strommessverfahren. **Inhalt** • Leistungshalbleiter-Bauelemente: Dioden, BJT, GTO, MOSFET, IGBT • Beschaltung, Ansteuerung und Schutz von Halbleiterventilen und Bauelementen; Kühleinrichtungsauslegung • Magnetwerkstoffe, Kernverlust-Messschaltungen, Wicklungsarten • Konzept der magnetischen Integration • Elektromechanisch-thermischer Entwurf ungekoppelter, linearer-gekoppelter, nichtlinearer Spulen und Schaltnetzteiltransformatoren und ihre Modellbildung • Kondensatoren in der Leistungselektronik • Filterentwurf • Dynamische Strommessverfahren *Contents of the course Bauelemente der Leistungselektronik:* **Short Description** The course covers power electronic devices, snubber circuits, driving and cooling. Another topic is the design of magnetic components and fast current sensors. **Contents** • power electronic devices: Diodes, BJT, GTO, MOSFET, IGBT • snubbers, driving and protection of semiconductor switches; cooling systems • magnetic materials, test circuit for core losses, winding patterns • concept of integrated magnetics • electromechanical design and modelling of uncoupled, linear coupled, nonlinear coils and SMPS transformers • capacitors • filters • dynamic current sensing
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachliche Kompetenzen** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • geeignete Leistungshalbleiterbauelemente, Magnetkernwerkstoffe und Kernbauformen gemäß Anforderungen auszuwählen • Beschaltungen, Strommessverfahren und Ansteuerungen für Leistungshalbleiterbauelemente auszuwählen und zu dimensionieren • magnetische Bauteile und Leistungsfilter zu entwerfen **Fachübergreifende Kompetenzen** Die Studierenden • erlernen die Beschreibung realer Bauteile mit Ersatzschaltbildern • erweitern ihre Kenntnisse zur rechnergestützten Schaltungsauslegung • können die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen

Professional Competence
After attending the course, the students will be able

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

(Soft) Skills
The students

- learn to describe real components with an equivalent circuit
- improve their skills in computer aided circuit design
- extend their competence by self study

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Frank Schafmeister
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Bauelemente der Leistungselektronik:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://wwwlea.upb.de` **Methodische Umsetzung** *Vorlesung* Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben *Remarks of course Bauelemente der Leistungselektronik:* **Course Homepage** `http://wwwlea.upb.de` **Implementation** *lecture* exercise **Teaching Material, Literature** Lecture slides and notes, further literatur will be announced in lecture.

Energiesystemtechnik			
Energy System Technologies			
Modulnummer / Module number: M.048.22018	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.22018 Energiesystemtechnik	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22018 Energy System Technologies	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Energiesystemtechnik:
Keine

None

Prerequisites of course Energiesystemtechnik:
None

4 **Inhalte / Contents:**

Inhalte der Lehrveranstaltung Energiesystemtechnik:
Energiesystemtechnik beinhaltet die ganzheitliche Betrachtung von thermischen, elektrischen und chemischen Energiesystemen, bestehend aus der Bereitstellung von Nutzenergie, Energieverteilung und dem Energiebedarf. In dieser Veranstaltung werden die Grundlagen von Energiesystemen vermittelt. Dazu werden aufbauend auf den Beschreibungen der wesentlichen Einzelkomponenten insbesondere ihr Zusammenwirken in Hinblick auf die Deckung des Energiebedarfs analysiert. Dementsprechend werden Aspekte der Sektorenkopplung ebenso wie Speichertechnologien als Bestandteile von Energiesystemen eingeführt. Zusätzlich zur technischen Beschreibung und Auslegung von Energiesystemen werden auch ökologischen und ökonomischen Aspekte zur ganzheitlichen Bewertung von Energiesystemen vorgestellt.

Contents of the course Energiesystemtechnik:
The field of energy system technologies includes the holistic consideration of thermal, electrical and chemical energy systems, consisting of the provision of useful energy, energy distribution and energy demand. In this course the basics of energy systems are taught. Based on the descriptions of the essential individual components, the interaction of these components is analyzed with regard to the coverage of the energy demand. Accordingly, aspects of sector coupling as well as storage technologies are introduced as components of energy systems. In addition to the technical description and design of energy systems, ecological and economic aspects for the holistic evaluation of energy systems are presented.

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

Die Studierenden können Energiesysteme ganzheitlich beurteilen, insbesondere können sie Energiesysteme in Hinblick auf den Energiebedarf analysieren und konzipieren. Sie kennen die einzelnen Komponenten und können diese sowohl technisch gestalten als auch die Wechselwirkungen im Kontext des Gesamtsystems sowie in sinnvollen Teilsystemen bewerten. Die Studierenden können Energiesysteme anhand energetischer, ökologischer und ökonomischer Indikatoren quantifizieren. Sie kennen Aspekte der erneuerbaren Energien, der Energiespeicherung und der Sektorkopplung und können diese auf Fragen nachhaltiger Energiesysteme anwenden.

Students can assess energy systems holistically, in particular they can analyze and design energy systems in terms of energy demand. They know the individual components and are able to design them both technically and to evaluate the interactions in the context of the overall system as well as in meaningful subsystems. Students are able to quantify energy systems using energy, ecological and economic indicators. They know aspects of renewable energies, energy storage and sector coupling and can apply these to questions of sustainable energy systems.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

	⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Henning Meschede
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:**

Energy Transition			
Energy Transition			
Modulnummer / Module number: M.048.22014	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.22014 Energy Transition	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22014 Energy Transition	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Energy Transition:
Keine

None

Prerequisites of course Energy Transition:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Energy Transition:* **Kurzbeschreibung** Mit der Importabhängigkeit bzw. dem langfristigen Versiegen fossiler Energieträger wie Kohle, Öl & Erdgas, der zunehmenden Klimakrise, und dem Auslaufen der Atomprogramme in vielen Ländern, stellt die Notwendigkeit eine Energiestruktur basierend auf erneuerbaren Energien mit fluktuierender Abgabeleistung aufzubauen, ein große Herausforderung für das Ingenieurwesen dar. Diese Vorlesung nimmt sich dieser Herausforderung an und erklärt Funktionsweise und Performanceparameter aller Arten erneuerbarer Energiewandler, ihre Verfügbarkeit, ihr Zusammenwirken und Anpassungsmöglichkeiten an Verbrauchsstrukturen. Umgekehrt werden die Anpassungsmöglichkeiten der Lastkurven an die Verfügbarkeit der Energiequellen präsentiert, einschließlich neuer Konzepte, wie z.B. dezentrale Erzeugung, Speicherung von Energie bzw. Endprodukt sowie Energiemanagement, insbesondere Demand-Side-Management (DSM), P2X. **Inhalt** 1. Bestehende Energiestruktur: Geschichte, Entwicklung 2. Komponenten & Systeme: Erzeugung, Transport, Verbrauch 3. Merkmale variabler erneuerbarer Energien: Solarenergienutzung 4. Merkmale erneuerbarer Energien: Wasserkraft, Windkraft 5. Merkmale erneuerbarer Energien mit konstanter Verfügbarkeit: Biomasse, Geothermie 6. Individuelle und kombinierte Verfügbarkeit und Performance 7. Energiemanagement, Smart-Grid, Einbezug von Verkehr und Lastanpassung. 8. Speicherung: Typen, Leistung, Lebensdauer, Kosten, P2X 9. Neue Konzepte zur Kostenminimierung: DSM, dezentrale, autonome, semi-autonome Systeme, Schwarmkonzepte 10. Geographische Unterschiede: Lokale Ressourcen, Potentiale, Laststrukturen 11. Legislative Fragen: Zugangsbedingungen zum Netz, Spot-Markthandel für Strom 12. Ausflug zu praktischem Projektbeispiel

	Contents of the course Energy Transition: **Short Description** With dependency and the long-term depletion of fossil energy resources such as coal, oil, gas, the increasing climate crises, and the shut-down of the nuclear programs in many countries, the necessity to set-up an energy structure based on renewable energies with often fluctuating power output is a vast challenge for electrical engineering. This lecture faces that challenge explaining the functioning and performance parameters of all types of renewable energy conversion devices, their availability, interaction and adaptability to load structures. Vice versa, the adaptability of load curves to the availability of the energy sources shall be presented, including new concepts, e.g. decentralized generation, storage and energy management, in particular Demand-Side-Management, P2X. **Contents** 1. Existing energy structures: History, development 2. Present components & systems: generation, transport, consumption 3. Characteristics of variable renewable energy sources: solar thermal, photovoltaics, wind power 4. Characteristics of renewable energy sources: hydro & wind power 5. Characteristics of steady renewable energy sources: biomass, geothermal energy 6. Individual and combined availability and performance 7. Energy management, transport (smart grid) and storage necessities 8. Storage devices and concepts: types, performance, costs 9. New concepts to minimize costs: decentralized, autonomous and semi-autonomous systems, swarm concepts, demand side management, (DSM), power to gas & heat (P2X) 10. Geographical differences: Local resources, potentials, load structures 11. Legislative issues: access to grid & electricity spot-market 12. Excursion to practical project examples
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sollten nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage sein, die Implikationen, Notwendigkeiten und Eigenschaften einer neuen Energieversorgungsstruktur (Energiesystem 2.0) basierend auf erneuerbaren Energien, Speichern und Lastmanagement, mit allen Komponenten zu verstehen und anzuwenden. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • sind in der Lage die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen, • können methodenorientiertes Vorgehen bei der Implementierung einer nachhaltigen Energieversorgung einsetzen, • sind in der Lage, sich in der Zukunft selbst weiterzubilden.

Domain competence:
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.
Key qualifications:
The students

- are enabled to apply the knowledge and skills across disciplines
- are enabled to use method-oriented approaches for the implementation of sustainable energy supply
- are enabled to educate themselves in the future

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	Klausur	120-180 min	100%

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written Examination	120-180 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr.-Ing. Stefan Krauter
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Energy Transition:* **Lehrveranstaltungsseite** https://panda.uni-paderborn.de/course/view.php?id=40584 `http://www.nek.upb.de/lehre` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen & Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen **Lernmaterialien, Literaturangaben** Sämtliche Präsentationen und Übungen sowie zusätzliches Material befinden sich in PANDA. https://panda.uni-paderborn.de/course/view.php?id=40584 Playlist für die Videos der Vorlesung: https://youtube.com/playlist?list=PLpgi7D_IhqlrD37mBky0fSoKb9hvfutE9 *Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.* Michel Crappe: Electric Power Systems. John Wiley & Sons, 2008. *Magdi S. Mahmoud: Decentralized Systems with Design Constraints. Springer: Berlin Heidelberg, New York, 2011.* Hermann Scheer, The Energy Imperative, 100 Percent Renewable Now. Routledge, 2011. *Hermann Scheer: Energy Autonomy. Earthscan/James & James, 2006.* Geert Verbong, Derk Loorbach: Governing the Energy Transition - Reality, Illusion or Necessity?, Routledge, 2012 *Fraunhofer ISE: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html* Solar Power Europe, PV Outlook 2022-26: https://www.solarpowereurope.org/insights/market-outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-2022 *Journals: Renewable Energy, Elsevier; IEEE Transactions on Power Systems **Bemerkungen** Exkursion zu einem praktischen Projekt (z.B. Pumpspeicherkraftwerk)

	Remarks of course Energy Transition: **Course Homepage** https://panda.uni-paderborn.de/course/view.php?id=40584 `http://www.nek.upb.de/lehre` **Implementation** Lecture combined with practical examples & simulations; Excursion to see applications in practice. **Teaching Material, Literature** All presentations and exercises plus additional resources are available on PANDA Playlist for the videos of the lecture: https://youtube.com/playlist?list=PLpgi7D_IhqlrD37mBky0fSoKb9hvfutE9 Literature *Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.* Michel Crappe: Electric Power Systems. John Wiley & Sons, 2008. *Magdi S. Mahmoud: Decentralized Systems with Design Constraints. Springer: Berlin Heidelberg, New York, 2011.* Hermann Scheer, The Energy Imperative, 100 Percent Renewable Now. Routledge, 2011. *Hermann Scheer: Energy Autonomy. Earthscan/James & James, 2006.* Geert Verbong, Derk Loorbach: Governing the Energy Transition - Reality, Illusion or Necessity?, Routledge, 2012 *Fraunhofer ISE: Actual Facts for PV https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html* Solar Power Europe, PV Outlook 2022-26: https://www.solarpowereurope.org/insights/market-outlooks/global-market-outlook-for-solar-power-2022 *Journals: Renewable Energy, Elsevier; IEEE Transactions on Power Systems **Comments** Excursion to a practical project (e.g., pumped hydro storage (PHS))

Geregelte Netzumrichter			
Control of Grid-Tied Converters			
Modulnummer / Module number: M.048.22021	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.22021 Geregelte Netzumrichter	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22021 Control of Grid-Tied Converters	2L 2Ex, WS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Geregelte Netzumrichter:
Empfohlen:

- Grundlagen der Leistungselektronik (empfohlen)
- Grundlagen der Regelungstechnik (empfohlen)

	None *Prerequisites of course Geregelte Netzumrichter:* **Recommended:** • Basics of Power Electronics (recommended) • Basics of Control Theory (recommended)
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Geregelte Netzumrichter:* Ziel dieses Moduls ist es, anwendungsorientierte Kenntnisse für den Betrieb von netzgekoppelten Umrichtern zu erarbeiten. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Funktionsprinzipien, Anforderungen sowie auf der Umrichterregelung. • Netzanschlussbedingungen und weitere Anforderungen • dreiphasige und einphasige Spannungszwischenkreis-Umrichtertopologien für den Netzbetrieb • Modellierung der Umrichterkomponenten für Simulationszwecke • Spannungs- und Stromtransformationen, die bei der Regelung verwendet werden • die Regelungsalgorithmen für diese Topologien • verschiedene PLLs und ihre Eigenschaften *Contents of the course Geregelte Netzumrichter:* The goal of this module is to develop application-oriented skills regarding the operation of grid-tied converters. The focus is on the operational principles, requirements, and control. • grid codes and other requirements • three-phase and single-phase voltage converter topologies for grid operation • modeling the inverter components for simulation purposes • voltage and current transformations utilized for control • the control algorithms for these topologies • different PLLs and their properties
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden: • die Funktionsweise netzgebundener Umrichter erläutern • ein Simulationsmodell für die Zielanwendung aufbauen • eine passende Regelung für den Netzbetrieb des einphasigen sowie des dreiphasigen Umrichters entwerfen und als Simulationsmodell implementieren • wesentliche Netzanforderungen erläutern After successfully completing the module, students will be able to • explain the functionality of grid-tied converters • set up a simulation model for the target application • design a suitable control system for the grid operation of the single-phase and three-phase inverters and implement it as a simulation model • explain essential grid code requirements

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
☒Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) □Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table>
☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Written or Oral Examination or Presentation</td><td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Prof. Dr.-Ing. Jakub Kucka</td></tr>
</table>

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen			
Industry-related sustainability topics			
Modulnummer / Module number: M.104.7424	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-4.	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.104.61665 Industrienahe Nachhaltig-keitsthemen (ET)	S4	60	120	P	8

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.104.61665 Industry-related sustainability topics	S4	60	120		8

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

None

4 **Inhalte / Contents:**

Inhalte der Lehrveranstaltung Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen (ET):
Die semestervariablen Inhalte der Veranstaltungen bilden Themenstellungen aus der Industrie ab. Spezifische Überthemen können z. B. sein: Carbon Capture, Anbindung der Fabrik der Zukunft an die Smart City, thermische Energieversorgung von Prozessen und Gebäuden, Anwendung einer neuartigen digitalen Technologie für mehr Ressourcen- und Energieeffizienz, Verbesserung der Kreislauffähigkeit eines Produktionsprozesses oder eines Produkts

Contents of the course Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen (ET):
The semester-variable content of the courses reflects topics from industry. Specific overarching topics can be, for example: carbon capture, connecting the factory of the future to the smart city, thermal energy supply for processes and buildings, application of a new type of digital technology for greater resource and energy efficiency, improving the recyclability of a production process or product.

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

Die Studierenden setzen sich mit einem spezifischen Forschungsthema zur Förderung der industriellen Nachhaltigkeit auseinander. Unter fachlicher Betreuung entwickeln sie durch Analyse und Forschung innovative, praxisorientierte Lösungen.

Students deal with a specific research topic to promote industrial sustainability. Under expert supervision, they develop innovative, practice-oriented solutions through analysis and research.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	schriftliche Hausarbeit (Einzelarbeit) sowie Projektarbeit (Gruppenarbeit)	15-30 Seiten sowie Dokumentation und Präsentation (30 Minuten)	40%/60%

□Final module exam (MAP) □Module exam (MP) ⊠Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)			40%/60%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden ist.

The credit points are awarded after the module examinations (MTP) were passed.

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Univ.-Prof. Dr.-Ing. Alexander Schlüter
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** Die Bearbeitung findet in einem knappen, vorgegebenen Zeitraum statt. Wann dieser ist bzw. sein kann, wird in der Auftaktveranstaltung besprochen. Processing takes place within a short, specified period of time. When this is or can be will be discussed at the kick-off event.

Leistungselektronik			
Power Electronics			
Modulnummer / Module number: M.048.22006	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.22006 Leistungselektronik	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22006 Power Electronics	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Leistungselektronik:
Keine

None

Prerequisites of course Leistungselektronik:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Leistungselektronik:* **Kurzbeschreibung** Diese Lehrveranstaltung bietet eine Einführung in das Thema Leistungselektronik. Sie erläutert verschiedene Umrichtertopologien, ihre Bausteine, Funktionsweise und Modulationstechniken für den Betrieb dieser Umrichter. **Inhalt** • Ideale Schalter und nicht ideale Halbleiterschalter • DC/DC-Wandler • DC/AC-Wandler • Pulsweitenmodulation und andere Modulationstechniken • Gleichrichter *Contents of the course Leistungselektronik:* **Short Description** This course introduces the topic of power electronics. It explains different converter topologies, their building blocks, functionality, and modulation techniques to operate these converters. **Contents** • ideal switches and non-ideal semiconductor switches • dc-dc converters • dc-ac converters • pulse-width modulation and other modulation techniques • rectifiers
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden: • die Grundprinzipien der Leistungselektronik zu erklären • die Funktionsweise verschiedener Umrichtertopologien zu erläutern • die typischen Strom- und Spannungsverläufe für die verschiedenen Umrichter zu skizzieren und grundlegende Dimensionierungsberechnungen durchzuführen • ein einfaches Simulationsmodell zum Testen des Wandlers zu erstellen After successfully completing the module, students will be able to • explain the base principles of power electronics • explain the functionality of different converter topologies • draw the typical waveforms of currents and voltages for the different converters, and do basic sizing calculations • create a simple simulation model to test the converter

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11 **Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:**

BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5

12 **Modulbeauftragte/r / Module coordinator:**

Prof. Dr.-Ing. Jakub Kucka

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Leistungselektronik:* • Die Vorlesung wird über **PANDA** organisiert. **Methodische Umsetzung** • Vorlesung mit Folien und Tafelanschrift • Gruppenübungen • Rechnerübungen im Computerraum *Remarks of course Leistungselektronik:* • The course is organized via **PANDA**. **Implementation** • Lecture with presentation slides and blackboard notes • Exercises with the group • Exercises in the computer room

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.22016 Leistungselektronische Stromversorgungen	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22016 Switched Mode Power Supplies	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Leistungselektronische Stromversorgungen:
Keine

None

Prerequisites of course Leistungselektronische Stromversorgungen:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Leistungselektronische Stromversorgungen:* **Kurzbeschreibung** Die Vorlesung behandelt grundlegende Schaltungstopologien von potentialtrennenden leistungselektronischen Stromversorgungen sowie deren Modellbildung und Regelung. **Inhalt** • Grundschaltungen potentialtrennender Gleichstromsteller • Transformatoren, gekoppelte Spulen, Filter- und Schwingkreiskomponenten • Resonanztechnik für verlustarmes Schalten • Regelungstechnische Modellierung von Schaltnetzteilen • Netzgleichrichter mit sinusförmiger Stromaufnahme (PFC): Leistungsteil und Regelungskonzepte *Contents of the course Leistungselektronische Stromversorgungen:* **Short Description** The course covers basic circuit topologies of electronic power supplies with electric isolation as well as their modeling and control. **Contents** • Basic circuits of isolated DC-DC power converters • Transformers, coupled inductors, filters and resonant tanks • Resonant technique for low loss switching • Control design for switched mode power supplies • Rectifiers with sinusoidal current shape (PFC): power stage and control concepts
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • leistungselektronische Schaltungen in Abhängigkeit von der Betriebsart zu analysieren und die Anforderungen an Bauteile zu definieren • Topologien und Schalttechniken zu vergleichen und die Eignung einer Schaltung für bestimmte Anwendungen zu bewerten • Schaltungen und Regelungen mittels verschiedener Verfahren zu modellieren und zu dimensionieren **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • erlernen eine schaltungsbezogene Sichtweise und können die Anforderungen an Bauteile festlegen • erweitern ihre Kenntnisse zur rechnergestützten Schaltungs- und Reglerauslegung • können die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen; dazu wird eintägige praktische Übung angeboten

Domain competence:
After attending the course, the students will be able

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

Key qualifications:
The students

- learn a circuit related view and the ability to define component requirements
- improve their skills in computer-based circuit- and control modelling
- extend their competence by self study; a one-day practical course will be offered therefore

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Frank Schafmeister
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Leistungselektronische Stromversorgungen:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://wwwlea.upb.de` **Methodische Umsetzung** • Vorlesung • Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum) • eintägiges Praktikum in der letzten Vorlesungswoche (Aufbau und Inbetriebnahme eines Schaltnetzteils) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. *Remarks of course Leistungselektronische Stromversorgungen:* **Course Homepage** `http://wwwlea.upb.de` **Implementation** • lecture • exercise (classic exercise and computer-based simulation) • one-day practical course in the last week of lecture period (assembly and initial operation of a switched mode power supply) **Teaching Material, Literature** Lecture slides and skript, further literature will be announced within the lecture.

Mensch-Haus-Umwelt			
Men-House-Environment			
Modulnummer / Module number: M.048.22007	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.22007 Mensch-Haus-Umwelt	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22007 Men-House-Environment	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Mensch-Haus-Umwelt:
Keine

None

Prerequisites of course Mensch-Haus-Umwelt:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Mensch-Haus-Umwelt:* **Kurzbeschreibung** 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. **Inhalt** 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. *Contents of the course Mensch-Haus-Umwelt:* **Short description** The different levels of energy accounting and their respective significance. Calculation methods for the energy intensity of products, taking into account a holistic balancing of the product life cycles. Mechanisms and potentials of rational energy energy use using the example of the building and housing sector. **Contents** The course Man-House-Environment deals with the holistic consideration of energy demand elements during the construction and use up to the demolition of buildings (including the production of building materials). The mechanisms for energy balancing are fundamentally elaborated and their application is deepened in such a way that they are transferable to other life cycle considerations (products, manufacturing components, etc.).
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** • 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. • Das Zusammenwirken ökologischer, ökonomischer und soziologischer Faktoren bei der Nutzung der Umwelt als Lebensraum soll herausgearbeitet werden. **Fachübergreifende Kompetenzen:** • 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”.

Expertise:

- The complexity of energy supply, which is usually taken for granted, should be communicated. A central point here is the overall energy balancing approach, which often is neglected.
- The interaction of ecological, economic, and sociological factors for the use of the environment as a living space is to be worked out.

Cross-disciplinary competencies:

- In addition to the subject-specific competencies, the course also enables students for general project-related work in their later professional career – by the intensive cooperation during the exercise phase. An important aspect is the mixture of skills that the students from the different disciplines "bring along" through their education.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr.-Ing. Stefan Krauter
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Mensch-Haus-Umwelt:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://www.nek.upb.de/lehre/projektarbeiten/mensch-haus-umwelt` **Methodische Umsetzung** Im Rahmen der in Form einer Frontalvorlesung angebotenen Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den Grundlagen und den Berechnungsverfahren vertraut gemacht. Im Rahmen der Übungen werden die Erkenntnisse durch eigene Auseinandersetzung mit den Themen vertieft und erweitert. **Lernmaterialien, Literaturangaben** Zur Veranstaltung wird ein umfassendes Skript zur Verfügung gestellt in dem gezielt weitere Quellen zur Vertiefung benannt sind. *Remarks of course Mensch-Haus-Umwelt:* **Course Homepage** `http://www.nek.upb.de/lehre/projektarbeiten/mensch-haus-umwelt` **Implementation** In the course, which is offered in the form of a frontal lecture, the students are familiarized with the fundamentals and the calculation methods. In the context of the exercises, the knowledge is deepened and extended through their own examination of the topics. **Teaching Material, Literature** A comprehensive script for the course is provided in which further literature sources are mentioned.

Modellierung von Energiesystemen			
Modelling of Energy Systems			
Modulnummer / Module number: M.048.22019	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.22019 Modellierung von Energiesystemen	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22019 Modelling of Energy Systems	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Modellierung von Energiesystemen:
Keine

None

Prerequisites of course Modellierung von Energiesystemen:
None

4 **Inhalte / Contents:**

Inhalte der Lehrveranstaltung Modellierung von Energiesystemen:
Aufbauend auf einem ganzheitlichen Verständnis von Energiesystemen werden im Rahmen des Kurses die Grundlagen zur Modellierung ebendieser behandelt. Dafür werden ausgehend von einfachen Modellierungen alleinstehender energietechnischer Komponenten schrittweise umfangreichere Energiesysteme behandelt. Die Bedeutung von Eingangsdaten und Parametern sowie die Auswirkungen unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösungen werden thematisiert. Zudem werden verschiedene Techniken zur Verifizierung und Validierung, Optimierung von Simulationen, zur Sensitivitätsanalyse und zur Risikoabschätzung im Kontext regenerativer Energiesysteme gelehrt. Begleitet werden die Vorlesungen durch praktische Übungen, in denen die Studierenden schrittweise die vermittelten Lerninhalte durch den Aufbau und die Simulation eigener Modelle vertiefen.

Contents of the course Modellierung von Energiesystemen:
Building on a holistic understanding of energy systems, the course covers the basics of modelling them. For this purpose, starting with simple modelling of stand-alone energy technology components, more extensive energy systems are dealt with step by step. The importance of input data and parameters as well as the effects of different spatial and temporal resolutions are discussed. In addition, various techniques for verification and validation, optimising simulations, for sensitivity analysis and for risk assessment in the context of regenerative energy systems are taught. The lectures are accompanied by practical exercises in which the students gradually deepen the learning content by building and simulating their own models.

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

Die Studierenden werden durch die Teilnahme an dem Kurs in die Lage versetzt, sowohl Simulationsmodelle und -studien umfassend bewerten als auch eigenständig umfangreiche Energiesysteme modellieren zu können. Grundlegende Techniken der Modellierung, Optimierung und Bewertung sind erlernt und können angewendet werden.

By participating in the course, students are enabled to comprehensively evaluate simulation models and studies as well as to independently model extensive energy systems. Basic techniques of modelling, optimisation and evaluation are learned and can be applied.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Henning Meschede
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:**

Prozessdynamik und Prozessregelung			
Process Dynamics and Process Control			
Modulnummer / Module number: M.104.7428	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-4.	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.104.31255 Prozessdynamik und Prozessregelung (ET)	V2 Ü2	60	120	P	35

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.104.31255 Process Dynamics and Process Control	L2 Ex2	60	120	C	35

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Empfohlen: Prozessdesign

keine

4	**Inhalte / Contents:** In der Lehrveranstaltung werden die Themen Prozessdynamik und Prozessregelung insbesondere für verfahrenstechnische Apparate und Prozesse vermittelt. • Grundlagen der dynamischen Modellierung • Numerik und Lösungsstrategien • Charakteristiken von Prozessdynamik • Step Response Analysis • Regler und Reglertuning in der Verfahrenstechnik • Regelstrategien • Anwendungsbeispiele für dynamische Simulationen Die Vorlesung wird von einer Übung begleitet, in der die Studierenden das erlernte an gängiger Simulationssoftware (z. B. Aspen Custom Modeler und Aspen Dynamics sowie Python) praktisch umsetzen. The course covers the topics of process dynamics and process control, particularly for chemical engineering equipment and processes. • Fundamentals of dynamic modeling • Numerics and solution strategies • Characteristics of process dynamics • Step Response Analysis • Controllers and controller tuning in process engineering • Control strategies • Application examples for dynamic simulations The lecture is accompanied by an exercise in which students apply what they have learned to common simulation software (e. g. Aspen Custom Modeler und Aspen Dynamics as well as Python).
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage • die grundlegenden Unterschiede zwischen stationärer und dynamischer Modellierung und Simulation zu verstehen, • dynamische Modellierungsprobleme zu implementieren und zu lösen, • geeignete Regelstrategien abzuleiten und zu testen, • die Regelstrategien in Bezug auf einen energie- und ressourceneffizienten Betrieb zu bewerten, • die Ergebnisse dynamischer Simulationen zu analysieren und zu interpretieren. After successfully completing the module, students will be able to • understand the fundamental differences between steady-state and dynamic modeling and simulation, • implement and solve dynamic modeling problems, • derive and test suitable control strategies, • evaluate the control strategies with regard to energy- and resource-efficient operation, • analyze and interpret the results of dynamic simulations.

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
☒Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) □Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Mündliche Prüfung</td><td>45-60 Minuten</td><td>100%</td></tr>
</table>
☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Oral Examination</td><td>45-60 Minutes</td><td>100%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Prof. Dr.-Ing. Julia Riese</td></tr>
<tr><td>13</td><td>Sonstige Hinweise / Other Notes:
Keine
None</td></tr>
</table>

Sektorenkopplung und chemische Energiespeicher			
Sector coupling and chemical energy storage			
Modulnummer / Module number: M.104.7426	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1. - 4.	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehr-form	Kontakt-zeit (h)	Selbst-studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen-größe (TN)
a)	L.104.31260 NEU25 Sektorenkopplung und chemische Energiespeicher	V2 Ü2	60	90	P	35

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.104.31260 Sector coupling and chemical energy storage	L2 Ex2	60	90	C	35

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

keine

keine

4	**Inhalte / Contents:** In der Lehrveranstaltung werden die Möglichkeiten und der Stand der Technik im Bereich der Sektorenkopplung und der chemischen Energiespeicherung mit besonderem Schwerpunkt auf die verfahrenstechnischen Aspekte vermittelt. • Grundlagen der Sektorenkopplung • Ausprägungen von Energiesystemen • Grundlagen der Energiespeicherung • Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff • Verfahren zur Isolierung von CO2 • Gasförmige chemische Energiespeicher • Flüssige chemische Energiespeicher • LOHCs und MOFs • Integration von erneuerbarem Strom • Integration von erneuerbarer Wärme Im Rahmen eines vorlesungsbegleitenden Projekts erarbeiten die Studierenden mit Hilfe von Fallstudien Bewertungskriterien für die Sektorenkopplung unter Verwendung chemischer Energiespeicher und unter besonderer Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten. The course teaches the possibilities and the state of the art in the field of sector coupling and chemical energy storage with a special focus on the process engineering aspects. • Fundamentals of sector coupling • Characteristics of energy systems • Energy storage systems • Processes to produce hydrogen • Processes for isolating CO2 • Gaseous chemical energy storage systems • Liquid chemical energy storage systems • LOHCs and MOFs • Integration of renewable electricity • Integration of renewable heat As part of a project accompanying the lecture, students use case studies to develop evaluation criteria for sector couplingusing chemical energy storage systems and with particular consideration of sustainability aspects.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage • zwischen den verschiedenen Möglichkeiten der Sektorenkopplung und Energiespeicherung zu differenzieren, • die verschiedenen Möglichkeiten der chemischen Energiespeicher anhand technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Kriterien zu bewerten, • die notwendigen Elemente für eine nachhaltigen Sektorenkopplung aus verfahrenstechnischer Sicht zu kombinieren, • komplexe, gekoppelte Systeme zu vergleichen und zu bewerten.

After successfully completing the module, students will be able to

- differentiate between the various options for sector coupling and energy storage,
- evaluate the various options for chemical energy storage on the basis of technical, ecological and economic criteria,
- design the necessary elements for sustainable sector coupling from a process engineering perspective,
- compare and evaluate complex, coupled systems.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)			

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

□Final module exam (MAP) □Module exam (MP) ⊠Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)			

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11 **Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:**

Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4

12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr.-Ing. Julia Riese
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** Keine None

Solar Electric Energy Systems			
Solar Electric Energy Systems			
Modulnummer / Module number: M.048.22013	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.22013 Solarelektrische Energiesysteme	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22013 Solar Electric Energy Systems	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Solarelektrische Energiesysteme:
Keine

None

Prerequisites of course Solarelektrische Energiesysteme:
None

4

Inhalte / Contents:

Inhalte der Lehrveranstaltung Solarelektrische Energiesysteme:
Kurzbeschreibung
Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität zur Energieversorgung: Grundlagen, Eigenschaften der Wandler und Materialien, Performance, Energieertrag, Lebensdauer, Normen, Prüfung, Systeme, Modellierung, Simulation.
Inhalt

1. Potentiale, astronomische Gegebenheiten, Einstrahlung, Abschattung
2. Konzentration, Solarthermische Energiewandlung
3. Prinzip der photovoltaischen Energiewandlung, Parameter photovoltaischer Wandler
4. Herstellung von Solarzellen, Solarmodulen, Kenndaten
5. PV-Systeme: Verkabelung, Wechselrichter, Netzanschlusskonfigurationsmöglichkeiten
6. PV-Systeme: Aufständerung, BoS, Autonome- vs. netzgebundene Systeme, Kosten
7. Marktentwicklung der PV: Off-Grid-Märkte, Märkte durch Einspeisetarife (FIT), Eigenversorgung, Kostenentwicklung
8. Simulation von PV-Systemen und Microgrids mittels HOMER
9. Leistung: optische, thermische und elektrische Modellierung, Simulation, Messung
10. Haltbarkeit von PV-Modulen und Systemen: Standards, Tests, Degradationseffekte
11. Energiespeicher
12. Aufbau von PV-Grossanlagen
13. PV für die generelle Stromversorgung: Vorhersagbarkeit der PV-Leistung, Kombination mit anderen Energiequellen, Speicher, Lastmanagement
14. Exkursion zu einem PV-Kraftwerk (Besuch, Interview mit dem Betreiber, Dokumentation)

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

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

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

Key qualifications:
The students

- are enabled to apply the knowledge and skills across disciplines
- are enabled to use method-oriented approaches for the implementation of sustainable energy supply
- are enabled to educate themselves in the future.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, UF Technik Lehramt GyGe Master v5, UF Technik Lehramt HRSGe Master v5
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr.-Ing. Stefan Krauter
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Solarelektrische Energiesysteme:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://www.nek.upb.de/lehre` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen & Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen / **Lernmaterialien, Literaturangaben** 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.

	Remarks of course Solarelektrische Energiesysteme: **Course Homepage** `http://www.nek.upb.de/lehre` **Implementation** Lecture combined with practical examples & simulations; Excursion to see applications in practice **Teaching Material, Literature** 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.

2.4.2 Kognitive Systeme

Katalogname / Name of catalogue	Kognitive Systeme / Cognitive Systems
Module / Modules	* Advanced Topics in Robotics / Advanced Topics in Robotics * Data Science for Physics and Engineering / Data Science for Physics and Engineering * Digital Image Processing I / Digital Image Processing I * Digital Image Processing II / Digital Image Processing II * Information Theory / Information Theory * Nonlinear Control of Autonomous and Robotic Systems * Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies * Robotik / Robotics * Statistical and Machine Learning * Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel / Cognitive Systems Engineering - Special Topics
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Kayacan, Erdal, Dr.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	Durch die im Katalog angebotenen Module werden die Studierenden in die Lage versetzt, kognitive Systeme zunächst kennen zu lernen und sie anschließend zu entwerfen, zu realisieren und im Betrieb zu warten.

Advanced Topics in Robotics			
Advanced Topics in Robotics			
Modulnummer / Module number: M.048.23020	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehr-form	Kontakt-zeit (h)	Selbst-studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen-größe (TN)
a)	L.048.23020 Advanced Topics in Robotics	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.23020 Advanced Topics in Robotics	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced Topics in Robotics:
Keine

None

Prerequisites of course Advanced Topics in Robotics:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced Topics in Robotics:* **Kurzbeschreibung** 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. **Inhalt** • Architekturen für Robotersysteme • Middleware für Hardwareabstraktion • Gerätetreiber und Bibliotheken • Visualisierung • lokale Navigationsverfahren (Kollisionsvermeidung) • globale Navigationsverfahren (Wegfindung) • Methoden zur Navigation und Selbstlokalisation (SLAM) • Grundlagen der Handlungsplanung • Ausblick zu Multi-Agenten-Systemen *Contents of the course Advanced Topics in Robotics:* **Short Description** 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. **Contents** • Architectures of robot systems • Middleware for hardware abstraction • Device drivers and libraries • Visualization • Local navigation processes (collision avoidance) • Global navigation processes (pathfinding) • Navigation and self-localization methods (SLAM) • Fundamentals of task planning
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz** Die Studierenden • können die grundlegenden Architekturen für mobile Roboter benennen und ihre Eigenschaften analysieren, • beherrschen die grundlegenden Methoden für die Navigation und Regelung von mobilen Robotern und • können diese selbstständig implementieren, testen und anwenden. **Fachübergreifende Kompetenzen** Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in C.

Domain competence:
The students

- are able to name and analyze the basic robot architectures for mobile robots,
- have a good command of the methods for the navigation and control of mobile robots and
- are able to implement, test and apply them.

Key qualifications:
The students have a good command of programming in the C language

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination	120-180 min or 30-45 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11 **Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:**

BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4

12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Bärbel Mertsching
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced Topics in Robotics:* --- **ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS** Die Lehrveranstaltung findet im WiSe 2024/25 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet. --- **Lehrveranstaltungsseite** `http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir` **Methodische Umsetzung** • Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt. • Eine Einübung der präsentierten Methoden erfolgt danach im Übungsteil. • Abschließend werden einfache Algorithmen von den TeilnehmerInnen implementiert, getestet und angewendet. • Im Praktikumsteil werden die notwendigen Programmierkenntnisse vermittelt, er ist aber ausdrücklich nicht als Programmierkurs gedacht. **Lernmaterialien, Literaturangaben** Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden noch bekannt gegeben. • Mertsching, Bärbel: Robotics (lecture notes) • McKerrow, Phillip J.: Introduction to Robotics. Addison-Wesley, 1991 • Siegwart, Roland; Nourbakhsh, Illah R. and Scaramuzza, David: Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2011, ISBN-13: 978-0262015356

Remarks of course Advanced Topics in Robotics:

ATTENTION - IMPORTANT NOTICE
The course doesn't take place in winter term 2024/25. Please see the notice boards of the group.

Course Homepage
`http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir`
Implementation

- The theoretical and methodical fundamentals will be introduced during the lecture.
- The methods presented will be practiced during the subsequent exercise / lab part.
- Finally, the participants will implement, test, and apply simple algorithms.
- The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.

Teaching Material, Literature
Allocation of lecture notes; information on textbooks stocked in the textbook collection will be announced later.

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

Data Science for Physics and Engineering			
Data Science for Physics and Engineering			
Modulnummer / Module number: M.079.4077	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: null	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.079.05701 Data Science for Physics and Engineering	V3 Ü2	75	105	WP	50

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.079.05701 Data Science for Physics and Engineering	L3 Ex2	75	105	CE	50

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

keine

none

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Data Science for Physics and Engineering:
keine

Prerequisites of course Data Science for Physics and Engineering:
none

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Data Science for Physics and Engineering:* Datenbasierte Methoden haben in den vergangenen Jahren die Modellierung, Vorhersage und Steuerung komplexer Systeme revolutioniert. In dieser Vorlesung behandeln wir die Grundlagen aus den Bereichen *Maschinelles Lernen*, *Ingenieurwissenschaften* sowie *mathematischer Physik*, um moderne Verfahren aus dem Bereich Data Science in die Modellierung und Steuerung komplexer Systeme zu integrieren. Wir behandeln auch aktuelle Fortschritte im Bereich des *wissenschaftlichen Rechnens*, die es ermöglichen, datenbasierte Methoden in einer Vielzahl von Anwendungen einzusetzen, zum Beispiel Fluiddynamik, Gehirnströme, Klima, Epidemiologie, Finanzen oder Robotik. Die behandelten Themenblöcke sind: • Mustererkennung und Dimensionsreduktion • Koordinatentransformationen • Maschinelles Lernen und Datenanalyse • Dynamische Systeme und Kontrolle • Reduzierte Modelle *Contents of the course Data Science for Physics and Engineering:* Data-driven methods are revolutionizing the modeling, prediction, and control of complex systems. In this lecture series, we will cover the basis regarding *machine learning*, *engineering*, and *mathematical physics* to integrate modeling and control of dynamical systems with modern methods in data science. We also highlight many of the recent advances in *scientific computing* that enable data-driven methods to be applied to a diverse range of complex systems such as fluid dynamics, the brain, climate, epidemiology, finance, and robotics. The covered topics include: • Pattern recoginition and dimensionality reduction • Coordinate transformations • Machine learning and data analysis • Danymics and control • Reduced order modeling

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

Students learn

- factual knowledge about
  - the basis of machine learning methods in the context of technical and physical systems
  - basic knowledge regarding prediction and control of dynamical systems
  - mathematical basics of data-driven surrogate modelling
- methodological knowledge, including
  - various frequently used approaches for efficient data managment and analysis in engineering
  - the interdisciplinary connection of different methods for solving complex problems
- transfer skills
  - the application of the learned methods to new systems and problem classes
  - the suitable combination of established machine learning methods for new specific problem classes
- normative evaluation skills including the ability to assess
  - the suitability of specific methods in terms of the available amount of data, the system complexity, etc.
  - the effort and feasibility of data-driven projects in engineering

Non-cognitive Skills

- learning competence
- learning motivation

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or oral examination	90-120 min or 40 min	100%

Within the first three weeks of the lecture period each respective lecturer will specify the manner in which the course achievement will be conducted.

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:**
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b)
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr. Sebastian Peitz
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Data Science for Physics and Engineering:* **Methodische Umsetzung** Theoretische Konzepte werden in der Vorlesung erläutert und in den Tutorien mit Übungen und Programmieraufgaben vertieft. Tutorien werden sowohl in Eigenarbeit als auch mittels gemeinsamer Diskussionen durchgeführt. **Lernmaterialien, Literaturangaben** • Steven L.Brunton and J. Nathan Kutz. Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control. Cambridge University Press, 2019. *Remarks of course Data Science for Physics and Engineering:* **Implementation method** Theoretical concepts will be presented during lectures and consolidated in tutorials with exercises as well as programming tasks. Tutorials will be realized via individual work as well as joint discussions. **Learning Material, Literature** • Steven L.Brunton and J. Nathan Kutz. Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control. Cambridge University Press, 2019.

Digital Image Processing I			
Digital Image Processing I			
Modulnummer / Module number: M.048.23002	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.23002 Digital Image Processing I	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.23002 Digital Image Processing I	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Digital Image Processing I:
Keine. Grundlegende Programmierkenntnisse sind von Vorteil.

None

Prerequisites of course Digital Image Processing I:
None. Basic programming knowledge is an advantage.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Digital Image Processing I:* **Kurzbeschreibung** Die Veranstaltung vermittelt eine grundlegende Einführung in die digitale Bildverarbeitung. Nach erfolgreichem Abschluss des Kurses sind die Studierenden in der Lage, die grundlegenden Konzepte der Bildgenerierung und -repräsentation fundiert zu beschreiben. Darüber hinaus beherrschen sie die Anwendung von Methoden zur Verbesserung und Segmentierung von Grauwert- und Farbbildern im Orts- und Frequenzbereich sowie zur Bildkompression. Die Studierenden sind in der Lage, diese Techniken eigenständig auszuwählen, zu implementieren, zu testen und auf komplexe Bildverarbeitungsaufgaben anzuwenden. Ein typisches Anwendungsfeld ist Automatisierungstechnik. **Inhalt** 1. Introduction (Graphics File Formats, Application Examples, Human Vision) 2.Image Formation and Image Models (Camera Models, Image Formation, Image Sampling and Quantization) 2. Image Enhancement in the Spatial Domain (Gray-Level Transformation Functions, Histogram Processing, Spatial Filtering) 3. Image Enhancement in the Frequency Domain (2D Fourier Transform, Smoothing and Sharpening Filters, Implementation Details) 4. Color Image Processing (Color Spaces, Color and Pseudo-Color Image Processing, Spatial Filtering) 5. Image Compression and Reduction (Types of Redundancy, Compression Models, Lossless and Lossy Compression) *Contents of the course Digital Image Processing I:* **Short Description** This course provides a fundamental introduction to digital image processing. Upon successful completion, students will be able to thoroughly describe the basic concepts of image generation and representation. Additionally, they will acquire the skills to apply methods for enhancing and segmenting grayscale and color images in both the spatial and frequency domains, as well as techniques for image compression. Students will be capable of independently selecting, implementing, testing, and applying these techniques to complex image processing tasks. A typical application area is automation technology. **Contents** 1. Introduction (Graphics File Formats, Application Examples, Human Vision) 2.Image Formation and Image Models (Camera Models, Image Formation, Image Sampling and Quantization) 2. Image Enhancement in the Spatial Domain (Gray-Level Transformation Functions, Histogram Processing, Spatial Filtering) 3. Image Enhancement in the Frequency Domain (2D Fourier Transform, Smoothing and Sharpening Filters, Implementation Details) 4. Color Image Processing (Color Spaces, Color and Pseudo-Color Image Processing, Spatial Filtering) 5. Image Compression and Reduction (Types of Redundancy, Compression Models, Lossless and Lossy Compression)

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

Fachkompetenz
Die Studierenden

- sind in der Lage. die Grundlagen der Bildgenerierung und der Bilddigitalisierung zu beschreiben und
- können Methoden zur Bildverbesserung im Orts- und Frequenzraum, zur Bildsegmentation und zur Bilddatenreduktion selbstständig für komplexe Bildbearbeitungsaufgaben auswählen, implementieren, testen und anwenden.

Fachübergreifende Kompetenzen
Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in Python.

Domain competence
The students

- are able to describe the basics of image generation and image digitization and
- 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.

Key qualifications
The students have a good command of programming in Python.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Markus Hennig
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Digital Image Processing I:* **Zielgruppe** Masterstudierende der Elektrotechnik und verwandter Studiengänge. **Lehrveranstaltungsseite** `https://ei.uni-paderborn.de/get/teaching/dip-i` **Literatur** • Gonzalez, R., & Woods, R. (2017). Digital Image Processing (4th Global Ed.). Pearson. Print ISBN: 978-1-292-22304-9, E-ISBN: 978-1-292-22307-0. • Mertsching, B. (2024). Digital Image Processing I (Lecture Notes). • Jähne, B. (2024). Digitale Bildverarbeitung (8th Edition, German Language). Springer. Print ISBN: 978-3-662-59509-1, E-ISBN: 978-3-662-59510-7. **Kommentar** Die in der Vorlesung vermittelten Inhalte werden in den Übungen mithilfe von Python praktisch umgesetzt. In der ersten Übung wird dazu eine Einführung gegeben, sodass auch ein Einstieg mit geringen Programmierkenntnissen möglich ist. Eine regelmäßige und aktive Teilnahme an Vorlesungen und Übungen wird erwartet.

Remarks of course Digital Image Processing I:

Target group

Master's students in electrical engineering and related fields.

Course Homepage

`https://ei.uni-paderborn.de/get/teaching/dip-i`

Literature

- Gonzalez, R., & Woods, R. (2017). Digital Image Processing (4th Global Ed.). Pearson. Print ISBN: 978-1-292-22304-9, E-ISBN: 978-1-292-22307-0.
- Mertsching, B. (2024). Digital Image Processing I (Lecture Notes).
- Jähne, B. (2024). Digitale Bildverarbeitung (8th Edition, German Language). Springer. Print ISBN: 978-3-662-59509-1, E-ISBN: 978-3-662-59510-7.

Comment

The material presented in the lecture is implemented in the exercises using Python. The first exercise provides an introduction to this, so that it is possible to get started with limited programming knowledge. Regular and active participation in lectures and exercises is expected.

Digital Image Processing II			
Digital Image Processing II			
Modulnummer / Module number: M.048.23016	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.23016 Digital Image Processing II	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.23016 Digital Image Processing II	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Digital Image Processing II:
Empfohlen: Grundkenntnisse der Bildverarbeitung, z. B. aus der Digital Image Processing I (L.048.23002 / L.048.92008)

None

Prerequisites of course Digital Image Processing II:
Recommended: Basic knowledge of image processing, (e. g. from the course Digital Image Processing I (L.048.23002 / L.048.92008)

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Digital Image Processing II:* **Kurzbeschreibung** Die Veranstaltung “Digitale Bildverarbeitung II” ist ein Modul im Katalog “Kognitive Systeme” für fortgeschrittene Studierende des Masterstudiengangs Elektrotechnik und verwandter Studiengänge. Es schließt sich an die Grundlagenveranstaltung “Digitale Bildverarbeitung I” an und behandelt Methoden der anspruchsvollen Bildverarbeitung. **Inhalt** Die folgenden Themen werden im Laufe des Semesters behandelt: • Bildsegmentierung (Linien- und Kantenerkennung, Segmentierung nach Regionen, Superpixel) • Merkmalsextraktion (Merkmalsdeskriptoren, Hauptkomponenten, Scale-Invariant-Feature-Transform (SIFT)) • Stereobildanalyse (Tiefenwahrnehmung, Stereogeometrie, Korrespondenzproblem) • Bewegung (Bewegungserkennung, optischer Fluss, Bewegungsmodelle, Bewegungssegmentierung) • Objekterkennung und Klassifizierung von Bildmustern (Muster, Klassifikatoren, neuronale Netze und Deep Learning, Convolutional Neural Networks (CNN)) Nachdem die Studierenden die Methoden in der Vorlesung kennengelernt haben, werden sie diese in Jupyter Notebooks implementieren. *Contents of the course Digital Image Processing II:* **Short Description** The course “Digital Image Processing II” is a module in the catalog “Cognitive Systems” for advanced students of the Electrical Engineering Master’s program and related degree programs. It follows the fundamental course “Digital Image Processing I” and covers methods for high-level image processing. **Contents** The following topics will be discussed during the semester: • Image segmentation (line and edge detection, segmentation by region, superpixels) • Feature extraction (feature descriptors, principal components, Scale-Invariant-Feature-Transform (SIFT)) • Stereo image analysis (depth perception, stereo geometry, correspondence problem) • Motion (motion detection, optical flow, motion models, motion segmentation) • Object recognition and image pattern classification (patterns, classifiers, neural networks and deep learning, convolutional neural networks (CNN)) After learning about the methods in the lecture, the students will implement them in Jupyter Notebooks.

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

Fachkompetenz:
Die Studierenden

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

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

Domain competence:
The students

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

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Markus Hennig
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Digital Image Processing II:* --- **ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS** Die Lehrveranstaltung findet im WiSe 2026/27 bzw. im SoSe 2026 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet. --- **Lehrveranstaltungsseite** [http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II] **Lernmaterialien** siehe PANDA ([https://panda.uni-paderborn.de]) **Literaturangaben (Auswahl)** • Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing (lecture notes) • Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice-Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG • Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital Image Processing. Pearson Education Limited, 4th ed., 2018. ISBN-13: 978-1-292-22304-9 • Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7. Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514

Remarks of course Digital Image Processing II:

ATTENTION - IMPORTANT NOTICE
The course doesn't take place in winter term 2026/27 summer term 2026. Please see the notice boards of the group.

Course Homepage
[http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II]
Course Documents
see PANDA ([https://panda.uni-paderborn.de])
References (excerpt)

- Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing (lecture notes)
- Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice-Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG
- Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital Image Processing. Pearson Education Limited, 4th ed., 2018. ISBN-13: 978-1-292-22304-9
- Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7. Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514

Information Theory			
Information Theory			
Modulnummer / Module number: M.048.24021	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 2.-4. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.24021 Information Theory	2V 2Ü, SS	60	120	WP	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.24021 Information Theory	2L 2Ex, SS	60	120	CE	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Information Theory:
Empfohlen:
Vorkenntnisse aus den Modulen Signal- und Informationsübertragung, Signaltheorie und Stochastik für Ingenieure.

None

Prerequisites of course Information Theory:
**Recommended:*
Prior knowledge from the modules Signal and Information Transmission, and Probability for Engineers.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Information Theory:* Informationstheorie ist die mathematische Grundlage moderner Kommunikation, Datenkompression und statistischer Inferenz. Ursprünglich von Claude Shannon entwickelt, quantifiziert sie Information, Unsicherheit und die fundamentalen Grenzen der Datenübertragung und -speicherung. Diese Lehrveranstaltung bietet eine fundierte Einführung in die Informationstheorie. Die Studierenden lernen zentralen Konzepte wie Entropie, Transinformation, relativen Entropie und typische Sequenzen und verstehen deren operationale Bedeutung in Kompressions- und Kommunikationssystemen. Die Veranstaltung behandelt verlustfreie und verlustbehaftete Quellenkodierung, Kanalkapazität sowie die fundamentalen Grenzen zuverlässiger Kommunikation über verrauschte Kanäle. Klassische Resultate wie das Quellenkodierungstheorem und das Kanalkodierungstheorem von Shannon werden hergeleitet. Großer Wert wird auf ein intuitives Verständnis der mathematischen Konzepte sowie auf die praktische Interpretation dieser Resultate im Kontext realer Systeme gelegt. Über Kommunikationssysteme hinaus beleuchtet die Lehrveranstaltung Verbindungen zu maschinellem Lernen, Statistik, Signalverarbeitung und vernetzten Systemen. *Contents of the course Information Theory:* Information theory is the mathematical foundation of modern communication, data compression, and statistical inference. Originally developed by Claude Shannon, information theory quantifies information, uncertainty, and the fundamental limits of data transmission and storage. This course provides a first rigorous introduction to information theory. Students will learn the core concepts of entropy, mutual information, relative entropy, and typicality, and understand their operational meaning in compression and communication systems. The course covers lossless and lossy source coding, channel capacity, and the fundamental limits of reliable communication over noisy channels. Classical results such as Shannon's source coding theorem and channel coding theorem are derived from first principles. Strong emphasis will be placed on an intuitive understanding of mathematical concepts and the practical interpretation of these results in the context of real-world systems. Beyond communication systems, the course highlights connections to machine learning, statistics, signal processing, and networked systems.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • die grundlegenden Problemstellungen, Modelle, Werkzeuge und Ergebnisse der Shannonschen Informationstheorie und ihre Einschränkungen zu erklären; • Informationsmaße und informationstheoretische Kenngrößen auf kommunikationstechnische Problemstellungen anzuwenden und ihre operationelle Bedeutung zu erläutern; • Zusammenhänge zwischen abstrakten kommunikationstheoretischen Modellen und realistischen physikalischen Systemen zu erklären und gezielt im Systementwurf einzusetzen; • wissenschaftliche Literatur im Bereich der Informationstheorie zu verstehen. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • können komplexe Problemstellung abstrahieren und in lösbare Teilprobleme zerlegen; • können Mathematik als universelle Beschreibungssprache der physikalischen Welt verstehen und anwenden; • können informationstheoretische Konzepte und Ergebnisse auf Fragestellungen außerhalb der Nachrichtentechnik übertragen.

Domain competence:
After completion of the course students will be able to

- explain fundamental questions, models, tools, and results of Shannon's information theory;
- apply information-theoretic measures to assess the quality processing blocks of communication systems and explain the operational meaning;
- explain the relationship between abstract communication-theoretic models and realistic physical systems and apply them purposefully in system design;
- understand scientific documents in information theory.

Key qualifications:
The students

- can abstract complex problems and decompose them into solvable subproblems;
- are able to understand and apply mathematics as a universal language for describing the physical world;
- can transfer information-theoretic concepts and results to problems beyond the field of communications engineering.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, Master's Program Electrical Systems Engineering v3 (ESEMA v3)
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Bho Matthiesen
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** https://www.hni.uni-paderborn.de/nt/ **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben **Module Homepage** `https://www.hni.uni-paderborn.de/en/nt` **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Nonlinear control of autonomous and robotic systems			
Nonlinear control of autonomous and robotic systems			
Modulnummer / Module number: M.048.27032	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.27032 Nonlinear control of autonomous and robotic systems	2V 2Ü, SS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.27032 Nonlinear control of autonomous and robotic systems	2L 2Ex, SS	60	120	C	30/30

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

None

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Nonlinear control of autonomous and robotic systems:
Empfohlen:
Vorausgesetzt wird ein grundlegendes Verständnis der linearen Algebra, der linearen Systemtheorie und der Regelungstechnik, wie es typischerweise in einem Bachelor-Modul zur Regelungstechnik vermittelt wird.

	None *Prerequisites of course Nonlinear control of autonomous and robotic systems:* **Recommended:** Prerequisites are a basic understanding of linear algebra, linear system theory, and control theory as they are covered in a typical undergraduate course on control theory.
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Nonlinear control of autonomous and robotic systems:* Aufbauend auf einem Bachelor-Modul zur Regelungstechnik führt dieser Kurs in die Analyse und Regelung nichtlinearer dynamischer Systeme ein. Der Schwerpunkt liegt auf grundlegenden Konzepten und Methoden der nichtlinearen Regelungstechnik, mit besonderem Fokus auf deren Anwendung in autonomen Systemen und der Robotik. Der Kurs richtet sich in erster Linie an Studierende der Ingenieurwissenschaften, kann aber auch für Studierende der Physik und anderer Naturwissenschaften von Nutzen sein. Inhalte • Modellierung nichtlinearer Systeme und Zustandsraumdarstellungen • Phasenebenenanalyse und Systemverhalten nichtlinearer Systeme • Ruhelagen (Gleichgewichtspunkte) und lokale Stabilitätsanalyse • Ljapunow-Stabilitätstheorie (Lyapunov-Stabilität) • Exakte Linearisierung (Feedback-Linearisierung) und nichtlinearer Reglerentwurf • Anwendungen der nichtlinearen Regelung in autonomen und robotischen Systemen *Contents of the course Nonlinear control of autonomous and robotic systems:* Building on an undergraduate control theory course, this course introduces the analysis and control of nonlinear dynamical systems. The course focuses on fundamental nonlinear control concepts and methods, with particular emphasis on their application to autonomous and robotic systems. It is primarily intended for engineering students but may also be useful to students in physics and other natural sciences. Contents • Nonlinear system modeling and state-space representations • Phase-plane analysis and nonlinear system behavior • Equilibrium points and local stability analysis • Lyapunov stability theory • Feedback linearization and nonlinear controller design • Nonlinear control applications in autonomous and robotic systems
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** - -

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
The credit points are awarded after all module examinations (MTP) were passed.

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Modulseite
`http://sst.upb.de/teaching`
Methodische Umsetzung
Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner)
Lernmaterialien, Literaturangaben
Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Module Homepage
`http://sst.upb.de/teaching`
Implementation
Lectures and exercises (including some computer simulations)
Teaching Material, Literature
Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

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

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

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

10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden sind. The credit points are awarded after all module examinations (MTP) were passed.
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Erdal Kayacan
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** `http://sst.upb.de/teaching` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture **Module Homepage** `http://sst.upb.de/teaching` **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies			
Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies			
Modulnummer / Module number: M.048.23023	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.23023 Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.23023 Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies	2L 2Ex, WS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:
Keine

None

Prerequisites of course Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:* Die Lehrveranstaltung vermittelt Methoden und Architekturen für die ressourceneffiziente Ausführung moderner KI-Anwendungen unter Berücksichtigung von Leistungs-, Energie- und Speicherrestriktionen. Behandelte Themen umfassen: • Grundlagen des Deep Learning und Trainingsverfahren • Charakteristika moderner KI-Workloads (z. B. CNNs und Transformer) • Rechen-, Speicher- und Energieengpässe bei der KI-Inferenz • Methoden zur effizienten Modellgestaltung und -optimierung: – Quantisierung – Pruning und Sparsity – Knowledge Distillation – Effiziente neuronale Netze (z. B. MobileNet) • Abbildung von KI-Workloads auf unterschiedliche Hardwareplattformen • Architekturen für KI-Beschleunigung: – SIMD- und Vektorarchitekturen – GPU-Architekturen – Dataflow-Architekturen und systolische Arrays – NPUs und domänenspezifische Beschleuniger • Hardware-Software-Co-Design für effiziente KI-Systeme *Contents of the course Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:* The course introduces methods and architectures for resource-efficient execution of modern artificial intelligence applications under performance, energy, and memory constraints. Topics include: • Fundamentals of deep learning and training methodologies • Characteristics of modern AI workloads (e.g., CNNs and transformers) • Computational, memory, and energy bottlenecks during AI inference • Techniques for efficient model design and optimization: – Quantization – Pruning and sparsity – Knowledge distillation – Efficient neural network architectures (e.g., MobileNet) • Mapping AI workloads onto hardware platforms • Architectures for AI acceleration: – SIMD and vector architectures – GPU architectures – Dataflow architectures and systolic arrays – Neural Processing Units (NPUs) and domain-specific accelerators • Hardware-software co-design for efficient AI systems

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

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- grundlegende Prinzipien des Deep Learning aus einer Systemperspektive einzuordnen,
- KI-Workloads hinsichtlich ihrer Rechen-, Speicher- und Kommunikationsanforderungen zu analysieren,
- Performance-, Energie- und Speicherengpässe zu identifizieren,
- Methoden zur Modelloptimierung gezielt anzuwenden,
- KI-Workloads auf unterschiedliche Hardwareplattformen abzubilden und zu bewerten,
- verschiedene Architekturen für KI-Beschleunigung zu vergleichen,
- Trade-offs zwischen Genauigkeit, Latenz, Durchsatz und Energieeffizienz zu analysieren,
- Hardware-Software-Co-Design-Methoden für ressourceneffiziente KI-Systeme anzuwenden.

After successful completion of the module, students are able to:

- explain fundamental principles of deep learning from a systems perspective,
- analyze AI workloads with respect to computational, memory, and communication requirements,
- identify performance, energy, and memory bottlenecks,
- apply model optimization techniques to improve efficiency,
- map AI workloads onto different hardware platforms and evaluate their suitability,
- compare different architectures for AI acceleration,
- analyze trade-offs between accuracy, latency, throughput, and energy efficiency,
- apply hardware-software co-design methodologies for resource-efficient AI systems.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr.-Ing. Lennart Bamberg
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** PANDA (mehr Informationen werden in der ersten Vorlesung gegeben) **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben **Module Homepage** PANDA (more information will be provided in the first lecture) **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.23010 Robotik	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.23010 Robotic	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Robotik:
Keine

None

Prerequisites of course Robotik:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Robotik:* **Kurzbeschreibung** Die Lehrveranstaltung “Robotik” ist ein Grundlagenmodul im Katalog “Kognitive Systeme” des Masterstudiengangs Elektrotechnik und verwandter Studiengänge. Es ist der erste von zwei Kursen, die die relevanten Konzepte und Techniken im Bereich der Robotermanipulatoren und mobilen Roboter abdecken. Dieser Kurs konzentriert sich auf die Modellierung und Steuerung von Roboterarmen, während sein Nachfolger im Wintersemester (Advanced Topics in Robotics (L.048.23020 / L.048.92006) sich auf mobile Roboter konzentriert. Die Herausforderungen für die Entwicklung autonomer intelligenter Systeme werden analysiert und die aktuellen Lösungen vorgestellt. **Inhalt** Der Kurs behandelt die folgenden Themen: • Sensoren, Effektoren, Aktoren • Homogene Koordinaten, allgemeine Transformationen, Denavit-Hartenberg-Parameter • Kinematik und Dynamik von Roboterarmen und mobilen Robotern Nach der Vorstellung der Methoden in der Vorlesung werden die Studenten Matlab und Octave verwenden, um sie zu implementieren. *Contents of the course Robotik:* **Short Description** The course “Robotics” is a fundamental module in the catalog “Cognitive Systems” of the Electrical Engineering Master’s program and related degree programs. It is the first of two courses that cover the relevant concepts and techniques in the field of robot manipulators and mobile robots. This course concentrates on modeling and controlling robot arms, while its successor in the winter semester (Advanced Topics in Robotics (L.048.23020 / L.048.92006) focuses on mobile robots. The challenges for the development of autonomous intelligent systems will be analyzed and the current solutions will be presented. **Contents** The course deals with the following topics: • Sensors, effectors, actuators • Homogenous coordinates, general transformations, Denavit-Hartenberg parameters • Kinematics and dynamics of robot arms and mobile robots After the presentation of methods in the lecture, the students will use Matlab and Octave to implement them.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachliche Kompetenz:** Die Studierenden • können grundlegende Methoden aus der Steuerungs- und Systemtheorie auf die Robotik übertragen und • sind in der Lage, geeignete Methoden zur Modellierung sowie zur Planung und Steuerung der Bewegungen von Roboterarmen anzuwenden. **Schlüsselqualifikationen:** Die Studierenden sind in der Lage, die Funktion der Roboterarme zu erkennen und zu bewerten.

Domain competence:
The students

- know how to transfer basic methods from control and system theory to robotics and
- are able to apply adequate methods to model as well as plan and control the movements of robot arms.

Key qualifications:
The students are able to identify and evaluate the function

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Bärbel Mertsching
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Robotik:* --- **ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS** Die Lehrveranstaltung findet im WiSe 2026/27 bzw. im SoSe 2026 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet. --- **Lehrveranstatungsseite** [http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik] **Lernmaterialien** siehe PANDA ([https://panda.uni-paderborn.de]) **Literaturangeben (Auswahl)** • Mertsching, Bärbel: Robotics (lecture notes) • McKerrow, Phillip J.: Introduction to Robotics. Addison-Wesley, 1991 • Lynch, Kevin M. and Park, Frank C.: Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control. Cambridge University Press, 2017. ISBN-13 : 978-1107156302

Remarks of course Robotik:

ATTENTION - IMPORTANT NOTICE
The course doesn't take place in winter term 2026/27 summer term 2026. Please see the notice boards of the group.

Course Homepage
[http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik]
Course Documents
see PANDA ([https://panda.uni-paderborn.de])
References (excerpt)

- Mertsching, Bärbel: Robotics (lecture notes)
- McKerrow, Phillip J.: Introduction to Robotics. Addison-Wesley, 1991
- Lynch, Kevin M. and Park, Frank C.: Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control. Cambridge University Press, 2017. ISBN-13 : 978-1107156302

Statistical and Machine Learning			
Statistical and Machine Learning			
Modulnummer / Module number: M.048.23012	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.23012 Statistical and Machine Learning	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.23012 Statistical and Machine Learning	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Statistical and Machine Learning:
Empfohlen: Vorkenntnisse aus der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale. Wünschenswert sind auch Programmierkenntnisse.

None

Prerequisites of course Statistical and Machine Learning:
Recommended: Elementary knowledge in probability theory, as is taught in the course Statistical Signal Processing. Basic programming skills are desirable.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Statistical and Machine Learning:* **Kurzbeschreibung** Die Veranstaltung "Statistical and Machine Learning" vermittelt einen Einblick in die Komponenten und Algorithmen von statistischen und maschinellen Lernverfahren. Es werden verschiedenste Ansätze vorgestellt, wie Charakteristika aus Daten entweder überwacht oder unüberwacht gelernt werden können und wie unbekannte Muster erkannt werden. Die vorgestellten Techniken können auf vielfältige Klassifikations- und Regressionsprobleme angewendet werden, sei es für eindimensionale Signale (z.B. Sprache), zweidimensionale (z.B. Bilder) oder symbolische Daten (z.B. Texte, Dokumente). **Inhalt** *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) *Contents of the course Statistical and Machine Learning:* **Short Description** 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). **Contents** *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)

5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch des Moduls in der Lage, • Für ein vorgegebenes Klassifikations- oder Regressionsproblem eine geeignete Lösungsmethode auszuwählen • Methoden des überwachten und unüberwachten Lernens auf neue Problemstellungen anzuwenden und die Ergebnisse des Lernens kritisch zu bewerten • grundlegendes Verständnis von maschinellen Lernverfahren zu haben • Programmbibliotheken zur Realisierung von Klassifikatoren (z.B. neuronale Netze, Support Vector Machines) sinnvoll anwenden und eigene Programme schreiben zu können • ür eine vorgegebene Trainingsdatenmenge einen sinnvolle Wahl für die Dimension des Merkmalsvektors und die Komplexität des Klassifikators zu treffen zu können. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • Haben Fertigkeiten in Python erworben, die sie auch außerhalb dieser Anwendungsdomäne einsetzen können • Haben ein Verständnis für das Prinzip der 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

Domain competence:
After completion of the module students will be able to

- Find an appropriate approach to solving a given classification or regression problem
- Apply supervised or unsupervised learning techniques to data of various kinds and critically assess the outcome of the learning algorithms
- Can appreciate the power and limitations of machine learning algorithms
- Work with software for solving machine learning problems and write own software components, apply them to given data sets and optimize parameter settings
- Find, for a given training set size, an appropriate choice of classifier complexity und feature vector dimensionality

Key qualifications:
The students

- Have gathered sufficient proficiency in Python, which is valuable well beyond this course
- Can assess the importance of the principle of parsimony and are able to transfer it to other
- Are able to analyse a given classification or regression problem, synthesize a solution, and evaluate the performance on test data
- Are able to apply the knowledge and skills learnt in this course to a wide range of disciplines
- Can work cooperatively in a team and subdivide an overall task into manageable subtasks and work packages
- Acquired a general understanding of the power and limitations of machine learning algorithms

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Mohammad Soleymani
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Statistical and Machine Learning:* **Lehrveranstaltungsseite** `https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/statistische-und-maschinelle-lernverfahre` **Methodische Umsetzung** *Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation* 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 **Lernmaterialien, Literaturangaben** Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Lösungen der Übungsaufgaben und Beispielimplementierungen von Algorithmen werden zur Verfügung gestellt. *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

	Remarks of course Statistical and Machine Learning: **Course Homepage** `https://ei.uni-paderborn.de/en/statistical-and-machine-learning` **Implementation** *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 **Teaching Material, Literature** Course script and summary slides are provided to the students. Exercises and solutions to exercises, as well as sample implementations of algorithms are provided to the students *R.O. Duda, P.E. Hart, D.G.~ Stork, Pattern Classification, Wiley, 2001* 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

Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel			
Cognitive Systems Engineering - Special Topics			
Modulnummer / Module number: M.048.23019	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.23019 Cognitive Systems Engineering - Special Topics	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

zwei aus drei Themenbereichen, siehe Punkt 4

two out of three topics, see point 4

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:
Empfohlen: Interesse am Seminarthema und interdisziplinärer Arbeit.

None

Prerequisites of course Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:
Recommended: Interest in the subject-matter and interdisciplinary work.

4	**Inhalte / Contents:** Das Modul wird in drei Teilen angeboten. Es sind **zwei aus drei** Teilen zu wählen. Jeder Teil hat einen Umfang von 2 SWS . *Inhalte der Lehrveranstaltung Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:* **Teil A** Auf die Sinnesorgane von Lebewesen treffen zu jedem Zeitpunkt eine sehr große Menge von Informationen ein, von denen nur ein kleiner Anteil bewusst verarbeitet werden kann. Unter visueller Aufmerksamkeit wird die Bündelung der verfügbaren kognitiven Ressourcen zur optimalen Verarbeitung visueller Stimuli verstanden. Das Seminar führt in die Modellierung und experimentelle Erforschung von visueller Aufmerksamkeit und die Übertragung auf intelligente technische Systeme ein. Hierbei wird gezeigt, wie über die Grenzen von Disziplinen hinweg, gemeinsam geforscht werden kann. Der Schwerpunkt liegt aktuell auf dem Thema Salienz. Die Veranstaltung findet immer im Wintersemester statt. **Teil B** Während unter “Sensation” die Signale aus der physikalischen Welt beschreiben, die unsere Sinnesrezeptoren erreichen, werden unter “Perzeption” die Prozesse verstanden, mit denen unser Gehirn die Signale auswählt, organisiert und interpretiert. Das Seminar vermittelt Studierenden technischer Studiengänge einen Überblick über die Grundlagen biologischer Sensorik und Wahrnehmung. Neben den spannenden und (teils nicht intiuitiven) Hintergründen dieser Themen findet eine kritische Diskussion der Übertragbarkeit der biologischen Konzepte und Mechanismen auf technische Systeme statt. Dieses Seminar liegt immer im Sommersemester. **Teil C** In diesem Seminar werden aktuelle Zwischenberichte und Ergebnisse aus laufenden Bachelor- und Masterarbeiten, Forschungsvorhaben und Drittmittelprojekten aus dem Fachgebiet GETLab - Technische Kognitive Systeme vorgestellt. Weiterhin finden Vorträge von Gästen der Arbeitsgruppe statt. Das Seminar wird im Sommer- und im Wintersemester angeboten. This module is offered in three parts. Students have to choose **two out of three**. Each part lasts two hours per week. *Contents of the course Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:* **Part A** At any given time, the sensory receptors of living beings are exposed to a very large amount of information, of which only a small proportion can be consciously processed. Visual attention is understood as the pooling of available cognitive resources for optimal processing of visual stimuli. The seminar introduces the modeling and experimental investigation of visual attention and the transfer to intelligent technical systems. It will be shown how research can be conducted jointly across disciplinary boundaries. The current focus is on the topic of saliency. The course always takes place in the winter semester. **Part B** While “sensation” describes the signals from the physical world that reach our sensory receptors, “perception” refers to the processes by which our brain selects, organizes, and interprets the signals. This seminar provides students in technical courses with an overview of the fundamentals of biological sensory systems and perception. In addition to the exciting and (sometimes non-intuitive) background of these topics, there will be a critical discussion of the transferability of biological concepts and mechanisms to technical systems. This seminar is always in the summer semester. **Part C** In this seminar, current interim reports and results from ongoing bachelor’s and master’s theses, research projects, and third-party funded projects from the GETLab - Technical Cognitive Systems department will be presented. Furthermore, there will be presentations by guests of the research group. The seminar is offered in the summer and winter semester.

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 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.

Domain competence:
The students

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

Key qualifications:
The students

- are able to research and evaluate technical literature,
- have developed an understanding of the discipline-related research approaches (computer science, electrical engineering, psychology) and
- are able to carefully consider the potential use of bio-inspired mechanisms in technical systems.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

	⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Bärbel Mertsching

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modul Homepage** [http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse] **Lernmaterialien, Literaturangaben** Literaturhinweise erfolgen an den ersten Terminen des Seminars. *Hinweise der Lehrveranstaltung Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:* --- **ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS** Die Lehrveranstaltung findet im WiSe 2026/27 bzw. im SoSe 2026 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet. --- **Module Homepage** [http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse] **Teaching Material, Literature** Literature references will be given at the first dates of the seminar. *Remarks of course Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel:* --- **ATTENTION - IMPORTANT NOTICE** The course doesn't take place in winter term 2026/27 summer term 2026. Please see the notice boards of the group. ---

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 * Elektromagnetische Feldsimulation / Simulation of Electromagnetic Fields * Feldberechnung mit der Randelementmethode / Field Computation Using Boundary Element Method * Hochfrequenztechnik / High Frequency Engineering * Information Theory / Information Theory * Optical Waveguide Theory / Optical Waveguide Theory * Optimale und adaptive Filter / Optimal and Adaptive Filters * Theory and Design of Phase-locked Loops / Theory and Design of Phase-locked Loops * Topics in Signal Processing / Topics in Signal Processing
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Matthiesen, Bho, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	Kommunikationstechnik beschäftigt sich nicht nur mit der Darstellung, Codierung, Übertragung und Speicherung von Information, sondern auch mit deren Analyse und Interpretation. 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.

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

Modulnummer / Module number:	**Workload (h):**	**Leistungspunkte / Credits:**	**Turnus / Regular Cycle:**
M.048.24023	180	6	Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / Semester number:	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):**	**Sprache / Teaching Language:**
	1.-3. Semester	1	de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.24023 Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik	2V 2Ü, WS+SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.24023 Selected Topics of Theoretical Electrical Engineering	2L 2Ex, WS+SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3	**Teilnahmevoraussetzungen** / **Admission requierements:** Keine *Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:* **Empfohlen:** Vorkenntnisse aus dem Pflichtmodul Theoretische Elektrotechnik. None *Prerequisites of course Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:* **Recommended:** Basic knowledge from the compulsory module Theoretical Electrical Engineering
4	**Inhalte** / **Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:* **Kurzbeschreibung** Die Veranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik erweitert und vertieft das in der Pflichtveranstaltung Theoretische Elektrotechnik erworbene Wissen über die elektromagnetische Wellenausbreitung im Freiraum und auf Wellenleitern um ausgewählte Themengebiete. Aufbauend auf der Theorie längshomogener Wellenleiter werden die Systembeschreibung mittels Streuparameter sowie die Mode-Matching-Methode praktisch motiviert und wellentheoretisch behandelt. Ein weiterer thematischer Schwerpunkt bildet die Greensche-Methode zur mathematischen Lösung von Randwertproblemen, die ausführlich hergeleitet und auf elektromagnetische Feldprobleme angewandt wird. **Inhalt** Die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik gliedert sich wie folgt: • Theorie der Eigenwellen und deren Anwendung in der Streuparametertheorie – Ez-Hz-Feldansatz für längshomogene Wellenleiterstrukturen – Systembeschreibung mittels Streumatrizen – Grundlagen der Mode-Matching-Methode • Die Greensche Methode in der elektromagnetischen Feldtheorie – Greensche Funktionen und deren Bestimmung – Die Aperturfeldmethode in der Antennentheorie – Lösung physikalischer Feldprobleme mittels Greenscher Funktionen

	Contents of the course Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik: **Short Description** The course Selected Topics of Theoretical Electrical Engineering extends and deepens the knowledge of electromagnetic wave propagation in free space and on waveguides acquired in the compulsory course Theoretical Electrical Engineering by selected topics. Based on the theory of longitudinally homogeneous waveguides, the system description by means of scattering parameters as well as the mode-matching method are practically motivated and treated in terms of wave theory. Another thematic focus is the Green's method for the mathematical solution of boundary value problems, which is derived in detail and applied to electromagnetic field problems. **Contents** The lecture Selected Topics of Theoretical Electrical Engineering is organized as follows: • Theory of eigenwaves and its application in scattering parameter theory. – Ez-Hz field approach for longitudinal homogeneous waveguide structures – System description by means of scattering matrices – Basics of the mode-matching method • Green's method in electromagnetic field theory – Green's functions and their determination – The aperture field method in antenna theory – Solution of physical field problems by means of Green's functions
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studenten sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • komplexere zeitharmonische elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren) • eine geeignete analytische Lösungsmethode zu identifizieren, anzuwenden und zu überprüfen (Anwenden, Synthetisieren, Evaluieren) • die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu bewerten (Evaluieren) **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studenten • lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen, • erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen • erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung, • erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz

Domain competence:
After attending the course, the student will be able to

- mathematically model simple physical field problems
- transfer, apply, validate numerical methods 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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Denis Sievers
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://www.tet.upb.de` **Methodische Umsetzung** Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die daneben aber auch einen großen Anteil an Feldvisualisierungen enthält. In den Übungen wird die Theorie anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden. **Lernmaterialien, Literaturangaben** Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. *Remarks of course Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik:* **Course Homepage** `http://www.tet.upb.de` **Implementation** The theoretical concepts are presented in the form of a lecture, which also includes a large proportion of field visualizations. In the exercises, the theory is deepened by means of simple questions and calculation examples, which are solved independently during the presence exercises. **Teaching Material, Literature** Lecture slides and blackboard notes, additional recommended reading will be announced in lecture.

Digitale Sprachsignalverarbeitung			
Digital Speech Signal Processing			
Modulnummer / Module number: M.048.24001	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.24001 Digitale Sprachsignalverarbeitung	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.24001 Digital Speech Signal Processing	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:
Empfohlen: Vorkenntnisse aus dem Modul Höhere Mathematik.

None

Prerequisites of course Digitale Sprachsignalverarbeitung:
Recommended: Prior knowledge from the module Higher Mathematics.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:* **Kurzbeschreibung** Die Veranstaltung führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur digitalen Sprachsignalverarbeitung ein. Schwerpunkt des ersten Teils der Vorlesung liegt im Themengebiet „Hören und Sprechen“, welches sich mit psychologischen Effekten der Geräuschwahrnehmung und der Spracherzeugung beschäftigt. Anschließend werden zeitdiskrete Signale und Systeme, sowie deren rechnergestützte Verarbeitung besprochen. Die nichtparametrische Kurzeitanalyse von Sprachsignalen, die Sprachcodierung und die IP-Telefonie sind weitere Themen. **Inhalt** • Sprechen und Hören – Spracherzeugung: menschliche Sprechorgane, Lautklassen, Quelle-Filter-Modell, Vocoder – Grundlagen Schallwellen – Hören: menschliches Hörorgan, Psychoakustik und Physiologie des Hörens, Lautheit, Verdeckung, Frequenzgruppen • Zeitdiskrete Signale und Systeme – Grundlagen: Elementare Signale, LTI-Systeme – Transformationen: Fouriertransformation zeitdiskreter Signale, DFT, FFT – Realisierung zeitdiskreter Filterung im Frequenzbereich: Overlap-Add, Overlap-Save • Statistische Sprachsignalanalyse – Grundlagen Wahrscheinlichkeitsrechnung – Kurzzeitanalyse von Sprachsignalen: Spektrogramm, Cepstrum • Schätzung von Sprachsignalen – Optimale Filterung – LPC-Analyse – Spektrale Filterung zur Rauschunterdrückung – Adaptive Filterung: LMS Adaptionsalgorithmus, Echokompensation • Sprachcodierung – Signalformcodierung, parametrische Codierung, hybride Codierverfahren – Codierung im Frequenzbereich – Amplitudenquantisierung: gleichförmige Quantisierung, Quantisierung mit Kompandierung (ulaw, alaw)

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

Domain competence:
After attending the course, the students will be able to

- analyze digital signals, e.g., audio signals, in the time or frequency domain,
- represent audio signals efficiently and
- implement widely-used algorithms for speech analysis and speech processing in the frequency or time domain.

Key qualifications:
The students

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Informatik v3, Masterstudiengang Informatik v4, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Jörg Schmalenströer
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:* **Lehrveranstaltungsseite** `https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/digitale-sprachsignalverarbeitung` **Methodische Umsetzung** • Vorlesungen mit Tafeleinsatz und Präsentationen, • Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Übungsblättern und Rechnern und • Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung **Lernmaterialien, Literaturangaben** Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte

Remarks of course Digitale Sprachsignalverarbeitung:
Course Homepage
`https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/digital-speech-signal-processing`
Implementation

- Lectures using the blackboard and presentations,
- Alternating theoretical and practical exercise classes with exercise sheets and computer and
- Demonstration of real technical systems in the lecture hall.

Teaching Material, Literature
Allocation of a script; information on textbooks ; matlab scripts

Elektromagnetische Feldsimulation			
Simulation of Electromagnetic Fields			
Modulnummer / Module number: M.048.24006	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation	2V 2Ü, WS+SS	60	120	P	40/40

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.24006 Simulation of Electromagnetic Fields	2L 2Ex, WS+SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation:
Empfohlen: Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Modulen “Feldtheorie”, “Elektromagnetische Wellen” und “Theoretische Elektrotechnik” vermittelt werden.

None

Prerequisites of course Elektromagnetische Feldsimulation:
Recommended: In-depth knowledge of electromagnetic field theory taught in the modules “Field Theory”, “Electromagnetic Waves” and “Theoretical Electrical Engineering”.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation:* **Kurzbeschreibung** Die Veranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation bietet eine Einführung in moderne Simulationsverfahren für elektromagnetische Feldprobleme. Im Mittelpunkt steht mit der Methode der Finiten Integration (FIT) ein moderner, sehr effizienter und erfolgreicher Ansatz aus der Klasse der gitterbasierten Verfahren. Es können Feldprobleme der Statik, Quasistatik und schnellveränderliche Felder (elektromagnetische Wellen) bei nahezu beliebiger Materialverteilung behandelt werden. Die Modellierung mit FIT führt dabei auf algebraische Matrizengleichungen, deren Lösung ebenfalls einführend besprochen wird. Außerdem kommen einige verwandte Verfahren wie Finite Differenzen und Finite Elemente zur Sprache. Ziel der Lehrveranstaltung ist u.a., die Möglichkeit und Grenzen der besprochenen Verfahren im praktischen Einsatz kennen zu lernen und einschätzen zu können. Außerdem wird das Fundament für eine Weiterentwicklung der Algorithmen im Rahmen wissenschaftlicher Projekte gelegt. **Inhalt** wie folgt • Einführung • Motivation • Klassifizierung von Lösungsmethoden • Numerische Ansätze • Grundlagen der Methode der finiten Integration • Gitter-Maxwellgleichungen • Eigenschaften der Diskretisierungsmatrizen • Randbedingungen • Lösung elektromagnetischer Feldprobleme • Statische Felder • Zeitveränderliche Felder • Zeitharmonische Felder (Frequenzbereich) • Transiente Felder (Zeitbereich)

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

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

5 **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 Fnite Integrations 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

Specialized competence:
After attending the course, students will be able to,

- formulate complex electromagnetic field problems mathematically (modeling, analyzing)
- to apply the Fnite integration method to physical problems (apply, synthesize, evaluate)
- visualize numerically obtained results and interpret them physically (Evaluate).

Cross-disciplinary competencies:
The students

- learn to apply the acquired knowledge and skills across disciplines,
- expand their cooperation and teamwork skills as well as presentation skills when working on exercises
- learn strategies for acquiring knowledge by studying literature and using the Internet,
- acquire a subject-related foreign language competence

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Denis Sievers
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://www.tet.upb.de` **Methodische Umsetzung** 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. **Lernmaterialien, Literaturangaben** Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb

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

Feldberechnung mit der Randelementmethode			
Field Computation Using Boundary Element Method			
Modulnummer / Module number: M.048.24013	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.048.24013 Feldberechnung mit der Randelementmethode	2V 2Ü, WS+SS	60	120	P	40/40

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.24013 Field Computation Using Boundary Element Method	2L 2Ex, WS+SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode:
Empfohlen: Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Modulen “Feldtheorie”, “Elektromagnetische Wellen” und “Theoretische Elektrotechnik” vermittelt werden.

None

Prerequisites of course Feldberechnung mit der Randelementmethode:
Recommended: In-depth knowledge of electromagnetic field theory taught in the modules “Field Theory”, “Electromagnetic Waves” and “Theoretical Electrical Engineering”.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode:* **Kurzbeschreibung** Im Mittelpunkt der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode steht ein Diskretisierungsverfahren, das bevorzugt in der Antennentechnik zur Lösung von Abstrahlungsproblemen sowie in der Radartechnik zur Analyse von Streuobjekten eingesetzt wird. Aus den numerisch ermittelten Ergebnissen sind schließlich wichtige Kenngrößen wie beispielsweise die Richtcharakteristik von Antennen oder der Rückstreuquerschnitt von Radarzielen ableitbar. Ziel der Vorlesung ist die Vermittlung des theoretischen Grundwissens über die Randelementmethode unter Berücksichtigung anwendungsbezogener Aspekte, wobei das Hauptaugenmerk auf den Einsatz in der Ingenieurspraxis gerichtet ist. **Inhalt** Die Vorlesung Feldberechnung mit der Randelementmethode gliedert sich wie folgt: 1. Einführung (Motivation, Mathematische Grundlagen) 2. Integralgleichungsmethode (Darstellungsformeln für elektromagnetische Felder, Oberflächenintegralgleichungen) 3. Mathematische Modellbildung (Formulierung von Antennen-, Streu- und Eigenwertproblemen, Anregungsformen, Berechnung von Rückstreuquerschnitten und Antennenparametern) 4. Diskretisierung mittels Momentenmethode (Prinzip von Projektionsverfahren, Basisfunktionen) 5. Berechnung der Matrixbeiträge (Numerische Integration, Behandlung singulärer Integrale) 6. Aspekte bei der Lösung des diskreten Modellproblems (Lösungsstrategien, Matrixkompressionsverfahren) *Contents of the course Feldberechnung mit der Randelementmethode:* **Short description** The course Field Calculation with the Boundary Element Method focuses on a discretization method which is preferably used in antenna technology for the solution of radiation problems as well as in radar technology for the analysis of scattering objects. From the numerically determined results, important parameters such as the directivity of antennas or the backscatter cross section of radar targets can be derived. The aim of the lecture is to impart the theoretical basic knowledge about the boundary element method under consideration of application-related aspects, with the main focus on the use in engineering practice. **Content The lecture Field Calculation with the Boundary Element Method is structured as follows: 1. introduction (motivation, mathematical basics) 2. integral equation method (representation formulas for electromagnetic fields, surface integral equations) 3. mathematical modeling (formulation of antenna, scattering and eigenvalue problems, excitation modes, calculation of backscattering cross sections and antenna parameters) 4. discretization by means of the method of moments (principle of projection methods, basis functions) 5. calculation of matrix contributions (numerical integration, treatment of singular integrals) 6. aspects of solving the discrete model problem (solution strategies, matrix compression methods)

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 Randelementmethode 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

Specialized competence:
After attending the course, students will be able to,

- formulate complex electromagnetic field problems mathematically (modeling, analyzing)
- transfer, apply and test the boundary element method to physical problems (apply, synthesize, evaluate)
- visualize numerically obtained results and interpret them physically (Evaluate).

Cross-disciplinary competencies:
The students

- learn to apply the acquired knowledge and skills across disciplines,
- expand their cooperation and teamwork skills as well as presentation skills when working on exercises
- learn strategies for acquiring knowledge by studying literature and using the Internet,
- acquire a subject-related foreign language competence

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

	⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Denis Sievers
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://tet.upb.de/` **Methodische Umsetzung** Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die von einer programmierpraktischen Übung begleitet wird, in welcher die vorgestellten Algorithmen auf einem Computer umgesetzt und anhand einfacher Praxisbeispiele erprobt werden. **Lernmaterialien, Literaturangaben** Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.

	Remarks of course Feldberechnung mit der Randelementmethode: **Course Homepage** `http://tet.upb.de/` **Implementation** The theoretical concepts will be presented in the form of a lecture accompanied by a practical programming exercise in which the algorithms presented will be implemented on a computer and tested using simple practical examples. **Teaching Material, Literature** Lecture slides and blackboard notes, additional recommended reading will be announced in lecture.

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.24007 Hochfrequenztechnik	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.24007 High-Frequency Engineering	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Hochfrequenztechnik:
Keine

None

Prerequisites of course Hochfrequenztechnik:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Hochfrequenztechnik:* **Kurzbeschreibung** Diese Vorlesung vermittelt anwendungsorientierte Kenntnisse in der Hochfrequenztechnik. Ferner werden Kenntnisse über aktive und passive Hochfrequenzschaltungen vermittelt. **Inhalt** Die Veranstaltung Hochfrequenztechnik (4 SWS, 6 Leistungspunkte) erweitert das in der Veranstaltung Theoretische Elektrotechnik erworbene Wissen um weitere anwendungsrelevante Anteile. Ziel ist es, die Hörer für Entwicklungsarbeiten z.B. im hochfrequenten Teil eines Mobiltelefons zu befähigen. Gesichtspunkte der Hochfrequenztechnik sind aber auch schon in gängigen Digitalschaltungen zu berücksichtigen. Die Schwerpunkte der Veranstaltung sind passive Baugruppen, Hochfrequenzeigenschaften der Transistorgrundschaltungen, lineare und nichtlineare Verstärker, rauschende Mehrtore, Mischer, Oszillatoren, Synchronisation und Phasenregelschleife. *Contents of the course Hochfrequenztechnik:* **Short Description** This lecture gives application-oriented knowledge in high frequency engineering. Furthermore, it gives knowledge in active and passive high-frequency circuits. **Contents** The lecture High-Frequency Engineering (4 SWS, 6 ECTS credit points) extends the content of the lecture Theoretische Elektrotechnik by further application-relevant knowledge. The aim is to qualify the students for development tasks for example in the radio frequency part of a mobile telephone. But considerations of high-frequency engineering are also needed in prevalent digital circuits. The emphases of the lecture are passive devices, high-frequency properties of fundamental transistor circuits, linear and nonlinear amplifiers, noisy multiports, mixers, oscillators, injection-locking and phase-locked loop
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachliche Kompetenzen:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang die Funktionsweise von Komponenten, Schaltungen und Systemen der Hochfrequenztechnik zu verstehen, diese zu modellieren und anzuwenden. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen, • können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und • sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden **Professional Competence After attending the course, the students will be able, in the taught extent, to understand the function of components, circuits and systems of high-frequency engineering, to model and to apply them. **Key qualifications:** The students • are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines, • are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis and • are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
☒Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) □Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table>
☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Written or Oral Examination or Presentation</td><td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Prof. Dr. Reinhold Noé</td></tr>
</table>

13 **Sonstige Hinweise** / **Other Notes:**

Hinweise der Lehrveranstaltung Hochfrequenztechnik:

ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS
Die Lehrveranstaltung findet im WiSe 2026/27 bzw. im SoSe 2026 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet.

Lehrveranstaltungsseite
`http://ont.upb.de`
Methodische Umsetzung
Vorlesung und Übung
Lernmaterialien, Literaturangaben
Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

- Thiede, A.: Skriptum Hochfrequenzelektronik/High-Frequency Electronics, Universität Paderborn
- Sze, S. M.: High Speed Semiconductor Devices, John Wiley & Sons, 1990
- Herbst, L. J.: Integrated Circuit Engineering, Oxford University Press, 1996
- Yip, P. C. L.: High-Frequency Circuit Design and Measurement, Chapman & Hall, 1996
- Gonzalez, G.: Microwave Transistor Amplifiers, Prentice Hall, 1997
- Hoffmann, M.: Hochfrequenztechnik, Springer, 1997

Remarks of course Hochfrequenztechnik:

ATTENTION - IMPORTANT NOTICE
The course doesn't take place in winter term 2026/27 summer term 2026. Please see the notice boards of the group.

Course Homepage
`http://ont.upb.de`
Implementation
Lecture and exercise
Teaching Material, Literature
Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- Thiede, A.: Skriptum Hochfrequenzelektronik/High-Frequency Electronics, Universität Paderborn
- Sze, S. M.: High Speed Semiconductor Devices, John Wiley & Sons, 1990
- Herbst, L. J.: Integrated Circuit Engineering, Oxford University Press, 1996
- Yip, P. C. L.: High-Frequency Circuit Design and Measurement, Chapman & Hall, 1996
- Gonzalez, G.: Microwave Transistor Amplifiers, Prentice Hall, 1997
- Hoffmann, M.: Hochfrequenztechnik, Springer, 1997

Information Theory			
Information Theory			
Modulnummer / Module number: M.048.24021	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 2.-4. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.048.24021 Information Theory	2V 2Ü, SS	60	120	WP	30/30

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.24021 Information Theory	2L 2Ex, SS	60	120	CE	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Information Theory:
Empfohlen:
Vorkenntnisse aus den Modulen Signal- und Informationsübertragung, Signaltheorie und Stochastik für Ingenieure.

None

Prerequisites of course Information Theory:
**Recommended:*
Prior knowledge from the modules Signal and Information Transmission, and Probability for Engineers.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Information Theory:* Informationstheorie ist die mathematische Grundlage moderner Kommunikation, Datenkompression und statistischer Inferenz. Ursprünglich von Claude Shannon entwickelt, quantifiziert sie Information, Unsicherheit und die fundamentalen Grenzen der Datenübertragung und -speicherung. Diese Lehrveranstaltung bietet eine fundierte Einführung in die Informationstheorie. Die Studierenden lernen zentralen Konzepte wie Entropie, Transinformation, relativen Entropie und typische Sequenzen und verstehen deren operationale Bedeutung in Kompressions- und Kommunikationssystemen. Die Veranstaltung behandelt verlustfreie und verlustbehaftete Quellenkodierung, Kanalkapazität sowie die fundamentalen Grenzen zuverlässiger Kommunikation über verrauschte Kanäle. Klassische Resultate wie das Quellenkodierungstheorem und das Kanalkodierungstheorem von Shannon werden hergeleitet. Großer Wert wird auf ein intuitives Verständnis der mathematischen Konzepte sowie auf die praktische Interpretation dieser Resultate im Kontext realer Systeme gelegt. Über Kommunikationssysteme hinaus beleuchtet die Lehrveranstaltung Verbindungen zu maschinellem Lernen, Statistik, Signalverarbeitung und vernetzten Systemen. *Contents of the course Information Theory:* Information theory is the mathematical foundation of modern communication, data compression, and statistical inference. Originally developed by Claude Shannon, information theory quantifies information, uncertainty, and the fundamental limits of data transmission and storage. This course provides a first rigorous introduction to information theory. Students will learn the core concepts of entropy, mutual information, relative entropy, and typicality, and understand their operational meaning in compression and communication systems. The course covers lossless and lossy source coding, channel capacity, and the fundamental limits of reliable communication over noisy channels. Classical results such as Shannon's source coding theorem and channel coding theorem are derived from first principles. Strong emphasis will be placed on an intuitive understanding of mathematical concepts and the practical interpretation of these results in the context of real-world systems. Beyond communication systems, the course highlights connections to machine learning, statistics, signal processing, and networked systems.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • die grundlegenden Problemstellungen, Modelle, Werkzeuge und Ergebnisse der Shannonschen Informationstheorie und ihre Einschränkungen zu erklären; • Informationsmaße und informationstheoretische Kenngrößen auf kommunikationstechnische Problemstellungen anzuwenden und ihre operationelle Bedeutung zu erläutern; • Zusammenhänge zwischen abstrakten kommunikationstheoretischen Modellen und realistischen physikalischen Systemen zu erklären und gezielt im Systementwurf einzusetzen; • wissenschaftliche Literatur im Bereich der Informationstheorie zu verstehen. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • können komplexe Problemstellung abstrahieren und in lösbare Teilprobleme zerlegen; • können Mathematik als universelle Beschreibungssprache der physikalischen Welt verstehen und anwenden; • können informationstheoretische Konzepte und Ergebnisse auf Fragestellungen außerhalb der Nachrichtentechnik übertragen.

Domain competence:
After completion of the course students will be able to

- explain fundamental questions, models, tools, and results of Shannon's information theory;
- apply information-theoretic measures to assess the quality processing blocks of communication systems and explain the operational meaning;
- explain the relationship between abstract communication-theoretic models and realistic physical systems and apply them purposefully in system design;
- understand scientific documents in information theory.

Key qualifications:
The students

- can abstract complex problems and decompose them into solvable subproblems;
- are able to understand and apply mathematics as a universal language for describing the physical world;
- can transfer information-theoretic concepts and results to problems beyond the field of communications engineering.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4, Master's Program Electrical Systems Engineering v3 (ESEMA v3)
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Bho Matthiesen
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** https://www.hni.uni-paderborn.de/nt/ **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben **Module Homepage** `https://www.hni.uni-paderborn.de/en/nt` **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Optical Waveguide Theory			
Optical Waveguide Theory			
Modulnummer / Module number: M.048.24019	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.24019 Optical Waveguide Theory	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.24019 Optical Waveguide Theory	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optical Waveguide Theory:
Empfohlen: Grundlagen der Elektrodynamik (auf Niveau des Kurses “Elektromagnetische Wellen”), Mathematische Grundlagen (Bachelor Niveau).

None

Prerequisites of course Optical Waveguide Theory:
Recommended: Bachelor-level knowledge in electrodynamics and mathematics as taught in the course Fields&Waves.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Optical Waveguide Theory:* **Kurzbeschreibung** Dielektrische optische Wellenleiter sind Schlüsselelemente heutiger integrierter optischer/photonischer Schaltkreise. Dieser Kurs bietet eine Einführung zur theoretischen Behandlung und eine Grundlage für weitergehende Modellierung, Simulation und Design von Wellenleitern. **Inhalt** • Photonik, integrierte Optik, dielektrische Wellenleiter: Beispiele, Motivation. • Kurze Wiederholung der benötigten mathematischen Hilfsmittel. • Maxwellgleichung in verschiedenen Formulierungen, Klassen von Problemen. • Normale Moden in dielektrischen optischen Wellenleitern, Orthogonalität, Vollständigkeit, Streumatrizen, reziproke Schaltkreise. • Beispiele für dielektrische optische Wellenleiter (Mehrschichtsysteme, integriert-opitische Kanäle, Glasfasern), gebogene Wellenleiter, Whispering-Gallery Moden. • Coupled mode theory in konventioneller kodirektionaler, und hybrid analytischer/numerischer Variante, Störungstheorie für optische Wellenleiter. • Optional: Behandlung von Randbedingungen, Anfangsbedingungen (Strahlpropagations-Methode), Wellenleiter-Diskontinuitäten (BEP/QUEP Simulationen), Photonische-Kristall-Wellenleiter und -Fasern, plasmonische Wellenleiter. *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.

Domain competence:
After attending the course, the student will be able to

- to mathematically model electromagnetic field problems of systems in integrated optics and photonics
- to identify, apply and verify appropriate analytical methods and approximation techniques
- to physically interpret and visualise the obtained results
- to extend, develop and validate theoretical models for integrated optics and photonics

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

	⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** PD Dr. Manfred Hammer
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Optical Waveguide Theory:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://ei.uni-paderborn.de/tet/` **Methodische Umsetzung** Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert; Übungen und Hausaufgaben vertiefen und ergänzen die Theorie.

	Remarks of course Optical Waveguide Theory: **CourseHomepage** `http://ei.uni-paderborn.de/tet/` **Implementation** The theoretical concepts will be presented as a lecture. The methods presented will be practiced in exercises classes and by means of homework assignments.

Optimale und Adaptive Filter			
Optimal and Adaptive Filters			
Modulnummer / Module number: M.048.24010	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.24010 Optimale und Adaptive Filter	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.24010 Optimal and Adaptive Filters	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optimale und Adaptive Filter:
Empfohlen: Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Digitale Signalverarbeitung.

None

Prerequisites of course Optimale und Adaptive Filter:
Recommended: Prior knowledge from the modules Higher Mathematics and Digital Signal Processing.

4 **Inhalte / Contents:**

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

- Klassische Parameterschätzung
  - Schätzung und Schätzer
  - MMSE-Schätzung
  - Lineare Schätzer
  - Orthogonalitätsprinzip
  - Bewertung der Güte von Schätzern
- Wiener Filterung
  - Wiener-Hopf Gleichung
  - AR- und MA-Prozesse
  - Lineare Prädiktion
- Iterative Optimierunsverfahren
  - Gradientenan/abstieg
  - Newton-Verfahren
- Lineare adaptive Filterung
  - LMS-Algorithmus
  - Least-Squares Methode
  - Blockweise und rekursive adaptive Filter
  - Realisierungsaspekte
- Zustandsmodellbasierte Filter
  - Kalman Filter
- Anwendungen
  - Systemidentifikation
  - Kanalschätzung und -entzerrung
  - Mehrkanalige Sprachsignalverarbeitung
  - Geräusch- und Interferenzunterdrückung

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

- Classic parameter estimation
  - Estimators
  - MMSE-Estimation
  - Linear estimators
  - Orthogonality principle
  - Evaluation of estimators
- Wiener filter
  - Wiener-Hopf equation
  - AR- and MA processes
  - Linear prediction
- Iterative optimization methods
  - Gradient ascent/descent
  - Newton method
- Linear adaptive filters
  - LMS algorithm
  - Least-Squares method
  - Blockwise and recursive adaptiv filters
  - Realization aspects
- Statemodel based filters
  - Kalman filter
- Applications
  - System identification
  - Channel estimation and equalization
  - Multi-channel speech signal processing
  - Noise and interference suppression

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

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

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

Fachübergreifende Kompetenzen:
Die Studierenden

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

Domain competence:
After attending the course, the students will be able to

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

Key qualifications:
The students

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Jörg Schmalenströer
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Optimale und Adaptive Filter:* **Lehrveranstaltungsseite** `https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/optimale-und-adaptive-filter` **Methodische Umsetzung** • Vorlesungen mit Tafeleinsatz und Präsentationen, • Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Übungsblättern und Rechnern und • Demonstrationen von Systemen in der Vorlesung **Lernmaterialien, Literaturangaben** Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte

Remarks of course Optimale und Adaptive Filter:
Course Homepage
`https://ei.uni-paderborn.de/en/nt/teaching/veranstaltungen/optimal-and-adaptive-filter`
Implementation

- Lectures using the blackboard and presentations,
- Alternating theoretical and practical exercises classes with exercise sheets and computer and
- Demonstration of real technical systems in the lecture hall.

Teaching Material, Literature
Allocation of a script; information on textbooks; matlab scripts

Theory and Design of Phase-locked Loops			
Theory and Design of Phase-locked Loops			
Modulnummer / Module number: M.048.24020	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.24020 Theory and Design of Phase-locked Loops	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.24020 Theory and Design of Phase-locked Loops	2L 2Ex, WS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Theory and Design of Phase-locked Loops:
Empfohlen:

- Fortgeschrittene Signaltheorie
- Statistische Signalverarbeitung (oder ein anderer Kurs mit vergleichbarem Bachelor-Lehrplan)
- Schaltungs- und Systementwurf (oder ein anderer Kurs mit vergleichbarem Lehrplan im Bachelorstudium

	None *Prerequisites of course Theory and Design of Phase-locked Loops:* **Recommended:** • Advanced Signal Theory • Statistical Signal Processing (or another course with comparable syllabus in their bachelor) • Circuit and system design (or another course with comparable syllabus in their bachelor)
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Theory and Design of Phase-locked Loops:* Kapitel 1: Motivation • Definition von Zeit und Frequenz – Definition in SI-Einheiten – statischer Frequenzfehler • Zufallsschwankungen – Amplituden-/Phasenrauschen (AM/PM) Kapitel 2: Mathematischer Formalismus von Signalen • Basisband- und Bandpass-Signale • Zeit- und Frequenzbereich Kapitel 3: Einführung in Zufallsprozesse • Basisband-Zufallsprozesse und Rauschen – Korrelationsfunktionen im Zeit- und Frequenzbereich – einige Basisband-Zufallsprozesse (thermisches Rauschen, Schrotrauschen, Flickerrauschen . . .) • Bandpass-Zufallsprozesse – Korrelationsfunktionen – Beziehung zu Basisbandprozessen – Phasenrauschen und Amplitudenrauschen Kapitel 4: PLL-Bausteine • Phasendetektor – Phasendetektor-Modell – Phasenrauschen des Phasendetektors • VCO – VCO-Modell – Phasenrauschen des VCO • Frequenzumsetzer – Frequenzteiler – Frequenzmultiplikator – Phasenrauschen von Frequenzumsetzern • Entwurf von PLL-Blöcken auf Transistorebene Kapitel 5: Integer N PLLs: – Zeitbereich – Frequenzbereich – Phasenrauschen – Störfrequenzen Kapitel 6: Fractional PLLs – Zeitbereich – Frequenzbereich – Phasenrauschen – Störfrequenzen

Contents of the course Theory and Design of Phase-locked Loops:
Chapter 1: Motivation

- Time and frequency definition – definition in SI units – static frequency error
- random fluctuations – Amplitude/Phase (AM/PM) noise

Chapter 2: Mathematical formalism of signals

- baseband and bandpass signals
- time and frequency domain

Chapter 3: introduction to random processes

- baseband random processes and noise – correlation functions in time and frequency domain – some basedband random processes (thermal noise, shot noise, flicker noise . . .)
- bandpass random processes – correlation functions – relation to baseband processes – phase noise and amplitude noise

Chapter 4: PLL building blocks

- Phase detector – Phase detector model – phase noise of phase detector
- VCO – VCO model – phase noise of VCO
- Frequency translators – frequency divider – frequency multiplier – phase noise of frequency translators
- transistor level design of PLL blocks

Chapter 5: Integer N PLLs: – Time domain – frequency domain – phase noise – spurious frequencies
Chapter 6: Fractional PLLs – Time domain – frequency domain – phase noise – spurious frequencies

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

Verständnis des statischen/dynamischen Fehlers in Frequenznormalen. Mathematische Modellierung von Amplituden-/Phasenrauschen. Modellierung von Zufallsprozessen im Zeit- und Frequenzbereich. Grundlegende und moderne PLL-Architektur und ihre Bausteine. Systematischer Entwurf von PLLs. Entwurf und Modellierung von Integer/Fractional N PLL.

Understanding of static/dynamic error in frequency standards. Mathematical modeling of amplitude/phase noise. Modeling random processes in time and frequency domain. Basic and modern PLL architecture and its building blocks. Systematic design of PLLs. Design and Modeling of Integer/Fractional N PLL.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

	⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr. Meysam Bahmanian
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** `https://www.hni.uni-paderborn.de/en/sct/teaching/theory-and-design-of-plls` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben

	Module Homepage https://www.hni.uni-paderborn.de/en/sct/teaching/theory-and-design-of-plls **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Topics in Signal Processing			
Topics in Signal Processing			
Modulnummer / Module number: M.048.24017	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.24017 Topics in Signal Processing	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.24017 Topics in Signal Processing	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing:
Empfohlen: Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra.

None

Prerequisites of course Topics in Signal Processing:
Recommended: Signal and system theory, at least a basic understanding of probability and linear algebra.

4 **Inhalte / Contents:**

Inhalte der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing:
Kurzbeschreibung
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.
Inhalt
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.

Contents of the course Topics in Signal Processing:
Short Description
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.
Contents
This course will first review relevant aspects of linear algebra and probability theory. Then students will learn how to read, analyze, and present recent papers from the signal processing literature.

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

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

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

	none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Peter Schreier
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://sst.upb.de` **Methodische Umsetzung** Vorlesung und Übung mit aktiver Beteiligung der Studenten, Präsentationen von Studenten **Lernmaterialien, Literaturangaben** Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben. *Remarks of course Topics in Signal Processing:* **Course Homepage** `http://sst.upb.de` **Implementation** Lectures and tutorials with active student participation, student presentations **Teaching Material, Literature** References will be given in the first lecture.

Wireless Communications			
Wireless Communications			
Modulnummer / Module number: M.048.24022	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 2.-4. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehr-form	Kontakt-zeit (h)	Selbst-studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen-größe (TN)
a)	L.048.24022 Wireless Communications	2V 2Ü, SS	60	120	WP	30 / 30

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.24022 Wireless Communications	2L 2Ex, SS	60	120	CE	30 / 30

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

keine

none

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Wireless Communications:
Empfohlen:
Vorkenntnisse aus den Modulen Signal- und Informationsübertragung, Signaltheorie und Stochastik für Ingenieure.

Prerequisites of course Wireless Communications:
Recommended:
Prior knowledge from the modules Signal and Information Transmission, Signal Theory, and Probability for Engineers.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Wireless Communications:* Die Veranstaltung vermittelt den Studierenden wichtige Grundkenntnisse, die für das Verständnis der Übertragungskonzepte moderner Mobilfunksysteme notwendig sind. Ausgehend von einem physikalischen Verständnis des Mobilfunkkanals, insbesondere der Phänomene Mehrwegeausbreitung und Dopplereffekt, wird die physikalische und statistische Modellierung von zeitvarianten Kommunikationssystemen dargestellt. Anschließend werden wichtige Diversitätsverfahren zur kanalangepassten Übertragung sowie Mehrfachzugriffsverfahren vorgestellt. *Contents of the course Wireless Communications:* The course provides students with important basic knowledge necessary for understanding the transmission concepts of modern mobile communication systems. Starting with a physical understanding of the mobile communications channel, in particular the phenomena of multipath propagation and the Doppler effect, the physical and statistical modeling of time-varying communication systems is presented. Subsequently, important diversity techniques for channel-adaptive transmission and multiple access techniques are introduced.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • grundlegende Ausbreitungsmechanismen im Mobilfunkkanal zu erklären; • physikalische und statistische Modelle zeitvarianter Kommunikationskanälen zu beschreiben und verwenden; • Fading-Prozesse zu analysieren und ihre Auswirkung auf die Übertragungszuverlässigkeit zu bewerten; • Diversitätsverfahren und ihre Bedeutung für robuste drahtlose Übertragungen zu erläutern; • gängige Mehrfachzugriffsverfahren zu erklären, vergleichen und bewerten; • Übertragungskonzepte moderner Mobilfunksysteme zu beurteilen; • theoretische Kanalmodelle mit praktischen Aspekten des Systementwurfs zu verknüpfen. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • haben ausgeprägte analytische und mathematische Kompetenzen; • können komplexe physikalische Phänomene in ingenieurwissenschaftlichen Modellen abstrahieren; • können analytische Ergebnisse auf Systemebene interpretieren; • sind in klarer und präziser technischer Kommunikation geübt (mündlich und schriftlich); • können selbstständig Lernen und sich kritisch mit technischer Fachliteratur auseinandersetzen.

Domain competence:
After completion of the course students will be able to

- understand the fundamental propagation mechanisms in mobile radio channels;
- describe and apply physical and statistical modeling principles to time-varying communication channels;
- analyze fading processes and asses their impact on transmission reliability;
- explain diversity techniques, apply them to design physical layer signal processing algorithms, and assess their impact on transmission reliability;
- explain, compare, and evaluate common multiple access schemes;
- assess transmission concepts employed in contemporary mobile communication systems;
- connect theoretical channel models with practical system design considerations.

Key qualifications:
The students

- have strong analytical and mathematical reasoning skills;
- have the ability to abstract complex physical phenomena into engineering models;
- can interpret analytical results at the system level;
- have experience in clear and precise technical communication (oral and written)
- can learn independently and engage critically with technical literature.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Bho Matthiesen
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** https://www.hni.uni-paderborn.de/nt/ **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung **Lernmaterialien, Literaturangaben** Bereitstellung von Vorlesungsfolien; ausgiebige Literaturhinweise zu jeder Vorlesung. **Module Homepage** `https://www.hni.uni-paderborn.de/en/nt` **Implementation** Lectures and exercises **Teaching Material, Literature** Lecture slides and reading assignments for each lecture; additional reading suggestions.

2.4.4 Mikroelektronik

Katalogname / Name of catalogue	Mikroelektronik / Micro Electronics
Module / Modules	* Advanced VLSI Design / Advanced VLSI Design * Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits / Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits * Analoge CMOS-Schaltkreise / Analog CMOS ICs * Modern Semiconductor Lasers * Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies * Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsbebundene Kommunikation / Fast Integrated Circuits for Wireline Communications * Signalintegrität und Elektromagnetische Verträglichkeit beim Leiterplattenentwurf / Signal integrity and electromagnetic compatibility in circuit board design * Theory and Design of Integrated Photonic Devices * VLSI Testing
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Scheytt, J. Christoph, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	Die Module des Katalogs vermitteln vertiefende Kenntnisse über die Entwicklung, die Simulation und den Entwurf integrierter Mikrosysteme und liefern den erfolgreich Studierenden die im Berufsfeld der Halbleitertechnik geforderten Kenntnisse zum Schaltungsentwurf und zur Entwicklung und Herstellung von Mikrosystemen. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur problemorientierten Auswahl geeigneter Modelle zur Veranschaulichung und Simulation und die Fähigkeit zur Beurteilung logischer Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessteilen.

Advanced VLSI Design
Advanced VLSI Design

Modulnummer / Module number:	**Workload (h):**	**Leistungspunkte / Credits:**	**Turnus / Regular Cycle:**
M.048.25021	180	6	Sommersemester
	Studiensemester / Semester number:	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):**	**Sprache / Teaching Language:**
	1.-3. Semester	1	en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.25021 Advanced VLSI Design	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.25021 Advanced VLSI Design	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced VLSI Design:
Empfohlen: Grundlagen der Digitaltechnik / Grundlagen des VLSI-Entwurfs

None

Prerequisites of course Advanced VLSI Design:
Recommended: Fundamentals of Digital Circuits / Fundamentals of VLSI Design

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced VLSI Design:* **Kurzbeschreibung** Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über die moderne anwendungsorientierte Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese digitaler Systeme auf verschieden Abstraktionsebenen bis hin zum Chip-Layout. **Inhalt** 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 abstraktionsebenbasierten 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. *Contents of the course Advanced VLSI Design:* **Short Description** 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. **Contents** In today's practice, chip design consists of the combined application of various languages, methods, and tools for the modeling, simulation, and synthesis of electronic circuits. Along the modern abstraction-based design flow of digital systems (electronic system level to chip layout), the course provides basic knowledge of the main description languages and their application in modeling, simulation, analysis and synthesis. This includes basic principles and application of the IEEE standard system/hardware description languages SystemVerilog, SystemC, Verilog, and VHDL, in conjunction with additional formats, e.g., SDF and UPF for time and power annotation. For their application, the fundamental principles of test environments for simulation, timing and power analysis, logic synthesis and physical design of digital circuits. Exercises will provide hands-on labs based on commercial tools from Mentor Graphics, Synopsys and, Cadence Design Systems.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz** Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage • einfache digitale Schaltungen auf verschiedenen Abstraktionsebenen zu modellieren, zu simulieren, zu analysieren und zu synthetisieren und • die wichtigsten kommerziellen Werkzeuge in der Simulation, Analyse und Synthese digitaler Schaltungen anzuwenden. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden sind nach Besuch der Veranstaltung in der Lage • moderne Sprachen zur Beschreibung digitaler Schaltungen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit für die verschiedenen Anwendungen zu beurteilen, auszuwählen und anzuwenden und • die verschiedenen Methoden und Werkzeuge im modernen VLSI-Entwurf anzuwenden.

Domain competence:
After the course students are able

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

Key qualifications:
After the course students are able

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** apl. Prof. Dr. Wolfgang Mueller
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced VLSI Design:* **Lehrveranstaltungsseite** `www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/advanced-vlsi-design` **Methodische Umsetzung** • Vorlesung mit Beamer und White-Board • Übungen mit Übungsblättern am Computer **Lernmaterialien, Literaturangaben** • Vorlesungsfolien und Übungsblätter werden über PAUL zur Verfügung gestellt • IEEE Standard-Referenzhandbücher: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497 • Einzelliteratur zu einzelnen Lehreinheiten *Remarks of course Advanced VLSI Design:* **Course Homepage** `www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/advanced-vlsi-design` **Implementation** • Lecture with LCD projector and white board • Exercises with assignments and hands-on labs **Teaching Material, Literature** • Lecture notes and exercise sheets will be provided via PAUL • IEEE standard reference manuals: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497 • Specific references for individual teaching units

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.079.40101 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits	V3 Ü2, SS	75	105	P	30

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)		V3 Ü2, SS	75	105	C	30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:
Empfohlen: Kenntnisse aus Digitaltechnik sind hilfreich.

Prerequisites of course Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:
Recommended: Knowledge of “Digital Design” is beneficial.

4 **Inhalte / Contents:**

Inhalte der Lehrveranstaltung Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:
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.

Contents of the course Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:
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.

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

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

- zwischen den verfügbaren Optimierungsmethoden für den digitalen Schaltungsentwurf auszuwählen,
- die wesentlichen Probleme bei Entwurf integrierter Schaltungen zu identifizieren und die Tradeoffs beim Schaltungsentwurf zu erkennen, und
- aktuelle Werkzeuge für den digitalen Schaltungsentwurf zu bewerten.

After attending the course, the students are able to:

- select among the available optimization methods in design of digital circuits,
- identify major problems in design of integrated circuits and recognize circuit design tradeoffs
- examine current digital design tools and methods

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min oder 30-45 min	100%

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination	90-120 min or 30-45 min	100%

Within the first three weeks of the lecture period each respective lecturer will specify the manner in which the examination will be conducted.

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

	None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr. Hassan Ghasemzadeh Mohammadi
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:* **Lernmaterialien, Literaturangaben** • 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 *Remarks of course Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits:* **Learning material, literature** • 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

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.25008 Analoge CMOS-Schaltkreise	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.25008 Analog CMOS ICs	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Analoge CMOS-Schaltkreise:
Empfohlen: Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie und Systemtheorie.

None

Prerequisites of course Analoge CMOS-Schaltkreise:
Recommended: Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electrical Engineering, Materials of Electrical Engineering, Semiconductor Devices, Signal Theory, System Theory.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Analoge CMOS-Schaltkreise:* **Kurzbeschreibung Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse zur analogen Transistorschaltungstechnik mit besonderem Bezug zur CMOS-Technologie. **Inhalt** 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. *Contents of the course Analoge CMOS-Schaltkreise:* **Short Description** The course provides basic knowledge on analogue circuit technology with particular regard to complementary MOS transistors. **Contents** Based on simplified as well as advanced current-voltage characteristics of MOS transistors, analogue amplifier circuits are introduced and analyzed with respect of its DC behavior. Next, frequency performance, noise, effects of feed-backs, stability, non-linearity, and impacts of fabrication related asymmetries are considered. Further circuits such as oscillators, reference voltage sources, and switched capacitors are discussed. The course concludes with remarks on modeling and layout issues of basic devices.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • das Verhalten von analogen Schaltungen mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren • und das so erworbene Wissen kreativ beim Schaltungsentwurf einzusetzen. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen, • festigen erworbenes Grundlagenwissen durch Übung, • entwickeln so ihre kreativen Fähigkeiten weiter • und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

Domain competence:
After attending the course, the students will be able to

- analyse the characteristics of analogue circuits using scientific methods
- and can make creative use of the acquired knowledge in the circuit design process.

Key qualifications:
The students

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Andreas Thiede

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:**
	
	Hinweise der Lehrveranstaltung Analoge CMOS-Schaltkreise:
	Lehrveranstaltungsseite
	`http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html`
	Methodische Umsetzung
	
	• Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,
	• Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters erarbeiten.
	
	Lernmaterialien, Literaturangaben
	A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Vorlesungsskript Universität Paderborn A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Lecture Script University Paderborn
	
	• Razavi, B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw Hill. 2001
	
	Remarks of course Analoge CMOS-Schaltkreise:
	Course Homepage
	`http://groups.upb.de/hfe/teaching/acc.html`
	Implementation
	
	• Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies,
	• Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher.
	
	Teaching Material, Literature
	A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Vorlesungsskript Universität Paderborn A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Lecture Script University Paderborn
	
	• Razavi, B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw Hill. 2001

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.25017 Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.25017 Integrated Circuits for Wireless Communications	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:
Empfohlen: Vorlesung Schaltungstechnik bzw. Circuit and System Design. Hilfreiche Ergänzung: Vorlesung “Wireless Communications” von Prof. Hab-Umbach.

None

Prerequisites of course Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:
Recommended: Lecture Schaltungstechnik rsp. Circuit and System Design. Helpful supplement: Lecture “Wireless Communications” of Prof. Hab-Umbach.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:* **Kurzbeschreibung** Mobilkommunikation, drahtlose Netzwerke und die RFID-Technik sind beispielhafte Anwendungen der Funkkommunikation, die Eingang in den Alltag gefunden haben und auch in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden. Der Entwurf von elektronischen Schaltungen für hohe Frequenzen erfordert ein gutes Systemverständnis im Hinblick auf die typischen Sende-/Empfangsarchitekturen für die Funkkommunikation, deren Komponenten und Signaleigenschaften. Überdies ist ein gutes Verständnis des Schaltungsentwurfs integrierter Schaltungen und eine genaue Höchstfrequenz-Modellierung von passiven und aktiven Bauelementen notwendig. Ziel der Vorlesung ist es, ein Verständnis des methodischen Entwurfs integrierter, elektronischer Schaltungen für die drahtlose Kommunikation zu vermitteln. Ein Teil der Übungen wird selbständig in Teamarbeit als CAD-Übung unter Nutzung modernster Chip-Entwurfssoftware durchgeführt. **Inhalt** Die Vorlesung vermittelt den methodischen Entwurf von integrierten Schaltungen für die drahtlose Kommunikaation. Ein Teil der Übungen wird als CAD-Übung unter Nutzung von Chip-Entwurfssoftware durchgeführt. Die Vorlesung baut auf die Pflichtvorlesung “Schaltungstechnik” bzw. “Circuit and System Design” auf. Die folgenden Themen werden behandelt: • Sende-/Empfangs-Architekturen f. die drahtlose Kommunikation • Systemtheoretische Grundlagen – Signale und Rauschen – Modulation und Demodulation – Übertragungsverhalten von Funksystemen • Halbleitertechnologien und integrierte HF-Bauelemente • Verstärker (low-noise amplifier, variable gain amplifier) • Mischer • Oszillatoren • Frequenzsynthesizer-PLLs

	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” rsp. “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 communcations 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

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
☒Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) □Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Mündliche Prüfung</td><td>30-45 min</td><td>100%</td></tr>
</table>
☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Oral Examination</td><td>30-45 min</td><td>100%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Prof. Dr.-Ing. J. Christoph Scheytt</td></tr>
</table>

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:* **Lehrveranstaltungsseite** `https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/integrierte-schaltungen-fuer-die-drahtlose-kommunikation/` **Methodische Umsetzung** • 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 Chip-Entwurfssoftware **Lernmaterialien, Literaturangaben** Folien und Videos der Vorlesungen, sowie Folien zur Übung werden zur Verfügung gestellt. • Behzad Razavi “RF Microelectronics”, Prentice Hall, 2011 • Thomas Lee “The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits”, Cambridge University Press 2003 *Remarks of course Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation:* **Course Homepage** `https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/integrierte-schaltungen-fuer-die-drahtlose-kommunikation/` **Implementation** • Lecture with Powerpoint presentation and handwritten mathematical derivations using tablet and beamer • Exercises partly as handwritten calculation exercises using tablet and beamer and partly as practical IC design exercises using IC design software **Teaching Material, Literature** Lecture slides and videos as well as exercise slides will be made available. • Behzad Razavi “RF Microelectronics”, Prentice Hall, 2011 • Thomas Lee “The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits”, Cambridge University Press 2003

Modern Semiconductor Lasers			
Modern Semiconductor Lasers			
Modulnummer / Module number: M.048.26012	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.26012 Modern Semiconductor Lasers	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26012 Modern Semiconductor Lasers	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Modern Semiconductor Lasers:
Empfohlen:
Vertrautheit mit grundlegenden Konzepten der Optik, Quantenmechanik und Halbleiterphysik ist jedoch sehr zu empfehlen.

None

Prerequisites of course Modern Semiconductor Lasers:
Recommended:
The familiarity with basic concepts from optics, quantum mechanics and semiconductor physics is highly recommended.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Modern Semiconductor Lasers:* Halbleiterlaser sind zentrale Lichtquellen der modernen Photonik und ermöglichen Anwendungen, die von der optischen Kommunikation und Sensorik bis hin zu Quantentechnologien reichen. Neben einer Wiederholung der physikalischen Grundlagen des Halbleiterlaserbetriebs konzentriert sich dieser Kurs auf aktuelle Fortschritte und neue Entwicklungsrichtungen, die das Fachgebiet maßgeblich prägen. Die Teilnehmenden lernen neuartige Laserkonzepte kennen, die auf photonischen Kristallen, Nanophotonik, Spintronik, Topologie und nicht-hermitescher Physik basieren, sowie die theoretischen Ansätze, die zur Beschreibung dieser Bauelemente über die konventionelle Lasertheorie hinaus erforderlich sind. Zu den behandelten Themen gehören: • Grundlagen des Halbleiterlaserbetriebs: Verstärkungsmedien, Laserdynamik, Modulationsverhalten und Linienbreite • Modernste Halbleiterlaser-Technologien und deren Leistungsgrenzen • Oberflächenemittierende Laser auf Basis photonischer Kristalle (PCSELs) und skalierbare Einmoden-Hochleistungsemission • Nanolaser, Hohlraum-Quantenelektrodynamik (Cavity QED) und schwellenloser Laserbetrieb • Spinlaser und neue Ansätze zur ultraschnellen Informationskodierung • Laser auf Basis gebundener Zustände im Kontinuum (BIC) und topologische Laser • Aufstrebende Konzepte, darunter supersymmetrische, PT-symmetrische, Dirac-, polaritonische und plasmonische Laser • Fortgeschrittene theoretische Themen: nicht-hermitesche Effekte, Quantenrauschen, komplexe Verstärkungsmedien und moderne numerische Verfahren für großskalige Lasersysteme *Contents of the course Modern Semiconductor Lasers:* Semiconductor lasers are the key light sources of modern photonics, enabling applications ranging from optical communications and sensing to quantum technologies. While reviewing the fundamental principles of semiconductor laser operation, this course focuses on recent advances and emerging directions that are reshaping the field. Participants will explore novel laser concepts based on photonic crystals, nanophotonics, spintronics, topology, and non-Hermitian physics, as well as the theoretical frameworks required to describe these devices beyond conventional laser theory. Topics covered include: • Fundamentals of semiconductor laser operation: gain media, laser dynamics, modulation response, and linewidth • State-of-the-art semiconductor laser technologies and their performance limits • Photonic-crystal surface-emitting lasers (PCSELs) and scalable single-mode high-power emission • Nanolasers, cavity quantum electrodynamics, and thresholdless lasing • Spin lasers and new approaches to ultrafast information encoding • Bound-state-in-continuum (BIC) lasers and topological lasers • Emerging concepts including supersymmetric, PT-symmetric, Dirac, polaritonic, and plasmonic lasers • Advanced theoretical topics: non-Hermitian effects, quantum noise, complex gain media, and modern computational approaches for large-scale laser systems

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

Nach erfolgreichem Abschluss dieses Kurses sind die Teilnehmenden in der Lage, die physikalischen Prinzipien zu erläutern, die dem Betrieb von Halbleiterlasern zugrunde liegen – einschließlich optischer Verstärkung, Laserdynamik, Modulationsverhalten und der Ursachen der Linienbreite. Sie können etablierte Halbleiterlaser-Technologien analysieren und vergleichen sowie deren Leistungsgrenzen bewerten. Darüber hinaus entwickeln die Teilnehmenden ein kritisches Verständnis für neuartige Laserkonzepte – wie etwa photonische Kristalllaser, Nanolaser, Spinlaser, BIC-Laser und topologische Laser – und können deren Funktionsweise mit aktuellen Konzepten der Photonik wie der Hohlraum-Quantenelektrodynamik, der nicht-hermiteschen Physik und der Topologie in Zusammenhang bringen. Schließlich machen sich die Teilnehmenden mit fortgeschrittenen theoretischen und numerischen Methoden zur Beschreibung moderner Halbleiterlaser vertraut und sind in der Lage, die aktuelle Forschungsliteratur auf diesem sich rasch entwickelnden Gebiet zu beurteilen.

Upon successful completion of this course, participants will be able to explain the physical principles governing semiconductor laser operation, including optical gain, laser dynamics, modulation response, and origin of linewidth. They will be able to analyze and compare established semiconductor laser technologies and evaluate their performance limitations. Furthermore, participants will develop a critical understanding of emerging laser concepts, including photonic-crystal, nano-, spin-, BIC, and topological lasers, and will be able to relate their operation to contemporary concepts in photonics such as cavity quantum electrodynamics, non-Hermitian physics, and topology. Finally, participants will gain familiarity with advanced theoretical and computational approaches used to describe modern semiconductor lasers and will be able to assess current research literature in this rapidly evolving field.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

	None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr. Mariusz Drong
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** `https://panda.uni-paderborn.de/` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben **Module Homepage** `https://panda.uni-paderborn.de/` **Implementation** Lectures and exercises **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies			
Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies			
Modulnummer / Module number: M.048.23023	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.048.23023 Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.23023 Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies	2L 2Ex, WS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:
Keine

None

Prerequisites of course Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:* Die Lehrveranstaltung vermittelt Methoden und Architekturen für die ressourceneffiziente Ausführung moderner KI-Anwendungen unter Berücksichtigung von Leistungs-, Energie- und Speicherrestriktionen. Behandelte Themen umfassen: • Grundlagen des Deep Learning und Trainingsverfahren • Charakteristika moderner KI-Workloads (z. B. CNNs und Transformer) • Rechen-, Speicher- und Energieengpässe bei der KI-Inferenz • Methoden zur effizienten Modellgestaltung und -optimierung: – Quantisierung – Pruning und Sparsity – Knowledge Distillation – Effiziente neuronale Netze (z. B. MobileNet) • Abbildung von KI-Workloads auf unterschiedliche Hardwareplattformen • Architekturen für KI-Beschleunigung: – SIMD- und Vektorarchitekturen – GPU-Architekturen – Dataflow-Architekturen und systolische Arrays – NPUs und domänenspezifische Beschleuniger • Hardware-Software-Co-Design für effiziente KI-Systeme *Contents of the course Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:* The course introduces methods and architectures for resource-efficient execution of modern artificial intelligence applications under performance, energy, and memory constraints. Topics include: • Fundamentals of deep learning and training methodologies • Characteristics of modern AI workloads (e.g., CNNs and transformers) • Computational, memory, and energy bottlenecks during AI inference • Techniques for efficient model design and optimization: – Quantization – Pruning and sparsity – Knowledge distillation – Efficient neural network architectures (e.g., MobileNet) • Mapping AI workloads onto hardware platforms • Architectures for AI acceleration: – SIMD and vector architectures – GPU architectures – Dataflow architectures and systolic arrays – Neural Processing Units (NPUs) and domain-specific accelerators • Hardware-software co-design for efficient AI systems

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

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- grundlegende Prinzipien des Deep Learning aus einer Systemperspektive einzuordnen,
- KI-Workloads hinsichtlich ihrer Rechen-, Speicher- und Kommunikationsanforderungen zu analysieren,
- Performance-, Energie- und Speicherengpässe zu identifizieren,
- Methoden zur Modelloptimierung gezielt anzuwenden,
- KI-Workloads auf unterschiedliche Hardwareplattformen abzubilden und zu bewerten,
- verschiedene Architekturen für KI-Beschleunigung zu vergleichen,
- Trade-offs zwischen Genauigkeit, Latenz, Durchsatz und Energieeffizienz zu analysieren,
- Hardware-Software-Co-Design-Methoden für ressourceneffiziente KI-Systeme anzuwenden.

After successful completion of the module, students are able to:

- explain fundamental principles of deep learning from a systems perspective,
- analyze AI workloads with respect to computational, memory, and communication requirements,
- identify performance, energy, and memory bottlenecks,
- apply model optimization techniques to improve efficiency,
- map AI workloads onto different hardware platforms and evaluate their suitability,
- compare different architectures for AI acceleration,
- analyze trade-offs between accuracy, latency, throughput, and energy efficiency,
- apply hardware-software co-design methodologies for resource-efficient AI systems.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr.-Ing. Lennart Bamberg
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** PANDA (mehr Informationen werden in der ersten Vorlesung gegeben) **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben **Module Homepage** PANDA (more information will be provided in the first lecture) **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.25019 Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.25019 Fast Integrated Circuits for Wireline Communications	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:
Empfohlen: Modul “Schaltungstechnik” des Bachelor Elektrotechnik oder Modul “Circuit and System Design” des Master “Electrical Systems Engineering” oder vergleichbare Module / Vorlesungen

	None *Prerequisites of course Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:* **Recommended:** Module “Schaltungstechnik” of the Bachelor Electrical Engineering or module “Circuit and System Design” of the Master “Electrical Systems Engineering” or comparable modules / lectures
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:* **Kurzbeschreibung** In der Glasfaserkommunikation werden heutzutage in kommerziellen Systemen sehr hohe Bitraten von über 100 Gb/s pro optischem Kanal und mehreren Tb/s in einer Glasfaser erreicht. In ähnlicher Weise treten heute bei der Signalübertragung zwischen Chips hohe Bitraten von mehr als 10 Gb/s an einem einzelnen Gehäuse-Pin auf, die über Leiterplatten und preisgünstige serielle Kabelverbindungen übertragen werden müssen. In Zukunft werden durch den Fortschritt der CMOS-Technologie und der optischen Kommunikationstechnik die Datenraten weiter kontinuierlich steigen. Der Entwurf von elektronischen Schaltungen für hohe Bandbreiten bzw. Bitraten erfordert ein gutes Systemverständnis im Hinblick auf die typischen Sende-/Empfangsarchitekturen, Komponenten und Signaleigenschaften. Überdies ist ein gutes Verständnis des Schaltungsentwurfs integrierter Schaltungen und eine genaue Höchstfrequenz-Modellierung von passiven und aktiven Bauelementen notwendig. Ziel der Vorlesung ist es, den Studenten ein Verständnis des methodischen Entwurfs schneller integrierter, elektronischer Schaltungen für die digitale leitungsgebundene Kommunikationstechnik zu vermitteln. Ein Teil der Übungen wird als CAD-Übung unter Nutzung moderner Chip-Entwurfssoftware durchgeführt. **Inhalt** Die Vorlesung vermittelt den methodischen Entwurf von schnellen, integrierten, elektronischen Schaltungen für digitale leitungsgebundene Kommunikationssysteme. Ein Teil der Übungen wird als CAD-Übung unter Nutzung moderner Chip-Entwurfssoftware durchgeführt. Die Vorlesung baut auf die Pflichtvorlesung “Schaltungstechnik” bzw. “Circuit and System Design” auf. Die Vorlesung behandelt: • Sende- und Empfangsarchitekturen für die Glasfaserkommunikation • Sende- und Empfangsarchitekturen für die Chip-to-chip-Kommunikation • Systemtheoretische Grundlagen • Halbleitertechnologien und integrierte HF-Bauelemente • Verstärkerschaltungen • Logikschaltungen in Stromschaltertechnik (CML) • PLL-Technik für Synthesizer und Taktrückgwinnung • 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 rsp. 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” rsp. “Circuit and System Design”. The lecture deals with:

- Transmitter and receiver architectures for fiber-optic communications
- Transmitter and receiver architectrues 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-Baulemente 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.

Domain competence:
The student will be able to:

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

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	Mündliche Prüfung	30-45 min	100%

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Oral Examination	30-45 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr.-Ing. J. Christoph Scheytt
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:* **Lehrveranstaltungsseite** `https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/fast-integrated-circuits-for-wireline-communications/` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übungen (einschließlich rechnerunterstütztem Entwurf mit IC-Entwurfssoftware) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Literatur-Referenzen werden in der Vorlesung angegeben. • E. Säckinger, “Broadband Circuits for Optical Fiber Communication”, Wiley, 2005 • B. Razavi, “Design of Integrated Circuits for Optical Communications”, McGraw-Hill, 2003 **Bemerkungen** 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). *Remarks of course Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation:* **Course Homepage** `https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/fast-integrated-circuits-for-wireline-communications/` **Implementation** Lecture with Exercises (including computer-aided design using electronic design software) **Teaching Material, Literature** Handouts and literature references will be given in the lecture. • E. Säckinger, “Broadband Circuits for Optical Fiber Communication”, Wiley, 2005 • B. Razavi, “Design of Integrated Circuits for Optical Communications”, McGraw-Hill, 2003 **Comments** 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).

Theory and Design of Integrated Photonic Devices			
Theory and Design of Integrated Photonic Devices			
Modulnummer / Module number: M.048.26013	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-.3 Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.26013 Theory and Design of Integrated Photonic Devices	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26013 Theory and Design of Integrated Photonic Devices	2L 2Ex, WS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Theory and Design of Integrated Photonic Devices:
Empfohlen:

- Wissen über elektromagnetische Felder und Wellen
- Erfahrung mit MATLAB-/Python-Skripting wäre von Vorteil

	None *Prerequisites of course Theory and Design of Integrated Photonic Devices:* **Recommended:** Knowledge on electromagnetic fields and waves Experience with MATLAB/Python scripting would be beneficial
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Theory and Design of Integrated Photonic Devices:* • Einführung – Historische Entwicklung der integrierten Photonik und ihre heutige Bedeutung – Kurzer Überblick über die erforderlichen theoretischen Grundlagen * Elektromagnetische Wellen und Maxwell-Gleichungen * Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in verschiedenen Medien • Theorie optischer Wellenleiter: Bauelement Nr. 0 – Analyse eindimensionaler (1D) Wellenleiter * Strahlenoptisches Modell * Vektorwellengleichung und Randbedingungen – Analyse zweidimensionaler (2D) Wellenleiter * Überblick über Wellenleiterplattformen und die Methode des effektiven Brechungsindex * Überblick über die vollvektorielle Methode * Dispersion, Polarisation und Orthogonalität geführter Moden • Theorie gekoppelter Moden: analytische Formulierung • Passive integriert-photonische Bauelemente – Richtkoppler (DC): Bauelement Nr. 1 – Multimoden-Interferometer (MMI): Bauelement Nr. 2 – Verteilter Bragg-Reflektor (DBR): Bauelement Nr. 3 • Abstimmbare/aktive integriert-photonische Bauelemente – Mach-Zehnder-Interferometer (MZI) / -Modulator (MZM): Bauelement Nr. 4 – Mikroringresonatoren (MRR) / -Modulator (MRM): Bauelement Nr. 5 – Überblick über Phasenschieber: thermisch, elektro-optisch und MEMS-basiert • Fertigungsvariabilität und Toleranzen integriert-photonischer Bauelemente • Überblick über die Analyse photonischer integrierter Schaltkreise (PICs), Einführung in die Kompaktmodellierung und die elektronisch-photonische Entwurfsautomatisierung (EPDA)

Contents of the course Theory and Design of Integrated Photonic Devices:

- Introduction
  - Historical evolution of integrated photonics and relevance in today's world
  - Brief overview on the required background theory
    - Electromagnetic waves and Maxwell's equations
    - EM waves propagation in different media
- Theory of optical waveguides: Device #0
  - 1-D waveguide analysis
    - Ray optics model
    - Vector wave equation and boundary conditions
  - 2-D waveguide analysis
    - Overview of waveguide platforms and effective index method
    - Overview of the full vectorial method
    - Dispersion, polarization and orthogonality of guided modes
- Coupled-mode theory: analytical formulation
- Passive integrated photonic devices
  - Directional coupler (DC): Device #1
  - Multi-mode interferometers (MMI) : Device #2
  - Distributed Bragg reflector (DBR): Device #3
- Tunable/active integrated photonic devices
  - Mach-Zehnder interferometer (MZI) / modulator (MZM): Device #4
  - Microring resonators (MRR) / modulator (MRM): Device #5
  - Overview of phase shifters: thermal, electro-optic and MEMS-based
- Fabrication variability and tolerances of the integrated photonic devices
- Overview of photonic integrated circuit (PIC) analysis, introduction to compact-modeling and electronic-photonic design automation (EPDA)

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

Verständnis der Funktionsweise und der theoretischen Grundlagen integrierter photonischer Bauelemente, der bei deren Design bestehenden Einschränkungen sowie der Strategien zu deren Überwindung.

Understanding the working and fundamental theory of integrated photonic devices, constraints involved in the device designs and overcoming strategies.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

	⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr. Ashitosh Velamuri
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben

	Module Homepage **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

VLSI Testing			
VLSI Testing			
Modulnummer / Module number: M.048.25005	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.25005 VLSI Testing	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.25005 VLSI Testing	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung VLSI Testing:
Empfohlen: Digitaltechnik

None

Prerequisites of course VLSI Testing:
Recommended: Digital Design

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung VLSI Testing:* **Kurzbeschreibung** Die Lehrveranstaltung "VLSI Testing" behandelt systematische Verfahren zur Erkennung von Hardware-Defekten in mikroelektronischen Schaltungen. Es werden sowohl Algorithmen zur Erzeugung und Auswertung von Testdaten als auch Hardwarestrukturen zur Verbesserung der Testbarkeit und für den eingebauten Selbsttest vorgestellt. **Inhalt** Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt: • Fehlermodelle • Testbarkeitsmaße und Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit • Logik- und Fehlersimulation • Algorithmen zur Testmustererzeugung • Selbsttest, insbesondere Testdatenkompression und Testantwortkompaktierung • Speichertest *Contents of the course VLSI Testing:* **Short Description** The course focuses on techniques for detecting hardware defects in micro-electronic circuits. Algorithms for test data generation and test response evaluation as well as hardware structures for design for test (DFT) and on-chip test implementation (BIST) are presented. **Contents** In detail the following topics are covered: • Fault models • Testability measures and design for test (DFT) • Logic and fault simulation • Automatic test pattern generation (ATPG) • Built-in self-test (BIST), in particular test data compression and test response compaction • Memory test
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • Fehlermodelle, Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit und Werkzeuge zur Unterstützung des Tests zu beschreiben, • die grundlegenden Modelle und Algorithmen für Fehlersimulation und Test zu erklären und anzuwenden, sowie • Systeme im Hinblick auf ihre Testbarkeit zu analysieren und geeignete Teststrategien auszuwählen. **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 fault models, DFT techniques, and test tools,
- to explain and apply the underlying models and algorithms for fault simulation and test generation,
- to analyze systems with respect to their testability and to derive appropriate test strategies.

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.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Sybille Hellebrand
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung VLSI Testing:* **ATTENTION - IMPORTANT NOTICE** The course doesn't take place in winter term 2026/27 summer term 2026. Please see the notice boards of the group. **Lehrveranstaltungsseite** `https://ei.uni-paderborn.de/date/lehre/uebersicht` **Methodische Umsetzung** * 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 **Lernmaterialien, Literaturangaben** Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen panda-Kurs • Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,"Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000 • Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability," Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975

Remarks of course VLSI Testing:

ATTENTION - IMPORTANT NOTICE
The course doesn't take place in winter term 2026/27 summer term 2026. Please see the notice boards of the group.

Course Homepage
`https://ei.uni-paderborn.de/en/electrical-engineering/date/teaching/electrical-engineering/overview`
Implementation

- Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard
- Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions
- Hands-on exercises using various software tools

Teaching Material, Literature
Additional material can be found in panda

- Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,"Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000
- Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability," Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975

2.4.5 Optoelektronik

Katalogname / Name of catalogue	Optoelektronik / Optoelectronics
Module / Modules	* Advanced Quantum Optics / Advanced Quantum Optics * Fundamentals of Optics / Fundamentals of Optics * Modern Semiconductor Lasers * Optische Nachrichtentechnik A / Optical Communication A * Optische Nachrichtentechnik B / Optical Communication B * Optische Nachrichtentechnik C / Optical Communication C * Optische Nachrichtentechnik D / Optical Communication D * Optoelectronics / Optoelectronics * Theory and Design of Integrated Photonic Devices
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Prof. Gerhardt, Nils, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
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 Absol-venten 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.

Advanced Quantum Optics
Advanced Quantum Optics

Modulnummer / Module number:	**Workload (h):**	**Leistungspunkte / Credits:**	**Turnus / Regular Cycle:**
M.048.26010	180	6	Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / Semester number:	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):**	**Sprache / Teaching Language:**
	1.-3. Semester	1	en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.26010 Advanced Quantum Optics	2V 2Ü, WS/SS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26010 Advanced Quantum Optics	2L 2Ex, WS/SS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced Quantum Optics:
Empfohlen:
Es wird stark empfohlen, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bereits eine einführende Vorlesung wie „Theoretical Quantum Optics“, „Quantum Optics“ oder ähnliche Vorlesungen über grundlegende Konzepte der Quantenoptik besucht haben. Daher sollten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bereits mit Konzepten wie Feldquantisierung, Eigenschaften nichtklassischer Lichtzustände wie Fock-Zustände und kohärente Zustände, Quantentheorie der Licht-Materie-Wechselwirkung und Jaynes-Cummings-Modell vertraut sein.

	None *Prerequisites of course Advanced Quantum Optics:* **Recommended:** It is strongly advised that the participants should have already passed a more introductory lecture such as “Theoretical Quantum Optics”, “Quantum Optics”, or any similar lectures on basic concepts in quantum optics. Hence, participants should already be generally familiar with concepts such as field quantization, properties of nonclassical states of light such as Fock states and coherent states, quantum theory of light-matter interaction and Jaynes-Cummings model.
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced Quantum Optics:* • Einführung in Dichteoperatoren und Quantenoperationen (Krauss-Darstellung) • Ableitung der Lindblad-Mastergleichung aus einem phänomenologischen Ansatz und einer Ableitung aus ersten Prinzipien. Einführung von Sprungoperatoren. • Behandlung verschiedener Beispiele für ein offenes Quantensystem mit einem 2-Niveau-System und/oder einem verlustbehafteten optischen Hohlraum. • Einführung in die Physik und die mathematischen Methoden für Phasenraumbehandlungen in der Quantenoptik, wie z.B. Operatorräume und Expansionen in Operatorbasis. • Einführung in verschiedene Quasi-Wahrscheinlichkeitsverteilungen (einschließlich der Wigner-Funktion) und Untersuchung der grundlegenden Beziehungen zwischen ihnen, einschließlich konkreter Beispiele für einige Grundzustände. • Einführung in allgemeine Messungen. *Contents of the course Advanced Quantum Optics:* • Introducing density operators and quantum operations (Krauss maps) • Derivation of Lindblad master equation from both a phenomenological approach and a derivation from first principles. Introducing Jump operators. • Addressing various examples of an open quantum system involving a 2-level system and/or a lossy optical cavity. • Introducing the physics and the mathematical methods for phase-space treatments in quantum optics, such as operator spaces and expansions in operator basis. • Introducing various quasi-probability distributions (including the Wigner function) and investigating the fundamental relations between them, including specific examples for some basic states. • Introducing general measurements.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach der Teilnahme an den Vorlesungen und den dazugehörigen Übungen werden die Studierenden in der Lage sein: • in der Lage sein, quantenoptische Probleme in offenen Quantensystemen mathematisch zu modellieren • ein grundlegendes Verständnis der Phasenraummethoden in der Quantenoptik erlangen • können die geeigneten Methoden und Näherungen zur Lösung quantenoptischer Probleme in offenen Quantensystemen identifizieren

After attending the lectures and the associated exercise sessions, the students will:

- Be able to mathematically model quantum optics problems in open quantum systems
- Gain a basic yet fundamental understanding of phase-space methods in quantum optics
- Be able to identify the appropriate methods and approximations to solve quantum optics problems in open quantum systems

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Sina Saravi
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** Noch nicht verfügbar **Methodische Umsetzung** Die theoretischen Konzepte werden in Form von Vorlesungen vermittelt. Die Übungen bestehen aus theoretischen Problemen, die mit den Konzepten aus der Vorlesung zusammenhängen und von den Studentinnen und Studenten mathematisch gelöst werden können. Die Lösungen werden später in den Übungssitzungen präsentiert. **Lernmaterialien, Literaturangaben** Es werden Vorlesungsunterlagen ausgeteilt; Literaturempfehlungen werden in der ersten Vorlesung gegeben. **Module Homepage** Not yet available **Implementation** The theoretical concepts will be taught in a lecture format. The exercises consist of theoretical problems related to the concepts from the lecture, to be solved mathematically by the students, and later on the solutions will be presented in the exercise sessions. **Teaching Material, Literature** Lecture notes will be handed out; literature recommendations will be given in the first lecture.

Fundamentals of Optics			
Fundamentals of Optics			
Modulnummer / Module number: M.048.26007	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.26007 Fundamentals of Optics	2V 2Ü, WS/SS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26007 Fundamentals of Optics	2L 2Ex, WS/SS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Fundamentals of Optics:
Empfohlen:
Es wird stark empfohlen, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bereits eine einführende Vorlesung wie „Fields and Waves“, „Electromagnetic Waves and Waveguides“ oder ähnliche Vorlesungen über grundlegende Konzepte der Ausbreitung elektromagnetischer Felder besucht haben. Daher sollten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bereits allgemein mit Konzepten wie den Maxwell-Gleichungen, den konstitutiven Beziehungen, der Wellengleichung und den Lösungen für ebene Wellen sowie dem Poynting-Vektor vertraut sein.

	None *Prerequisites of course Fundamentals of Optics:* **Recommended:** It is strongly advised that the participants should have already passed a more introductory lecture such as “Fields and Waves”, “Electromagnetic Waves and Waveguides”, or any similar lectures on basic concepts in electromagnetic field propagation. Hence, participants should already be generally familiar with concepts such as Maxwell’s equations, constitutive relations, wave equation and plane-wave solutions to it, and Poynting vector.
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Fundamentals of Optics:* • Beugungstheorie (Beschreibung der Strahlenausbreitung in homogenen Medien unter Berücksichtigung verschiedener Näherungsregime, z. B. Fresnel-Regime und Fraunhofer-Regime). • Gaußsche Strahlen (einschließlich der Ausbreitung von Gaußschen Strahlen und Gaußschen Strahlen in einem Resonator). • Impulsausbreitung in dispersiven homogenen Medien (unter Berücksichtigung von Effekten wie Chirp und auch des Sonderfalls eines Gaußimpulses). • Fourier-Optik (Untersuchung der Übertragungsfunktion einer dünnen Linse, 2f-Anordnungen und 4f-Anordnungen zur optischen Filterung). • Optik in anisotropen Medien (Untersuchung des Indexellipsoids und der Normalmoden von anisotropen Kristallen). *Contents of the course Fundamentals of Optics:* • Diffraction theory (describing beam propagation in homogenous media, considering different approximation regimes, e.g. Fresnel regime and Fraunhofer regime). • Gaussian beams (including propagation of Gaussian beams and Gaussian beams in a resonator). • Pulse propagation in dispersive homogenous media (considering effects like chirp and also specific case of a Gaussian pulse). • Fourier optics (studying the transfer function of a thin lens, 2f setups and 4f setups for optical filtering). • Optics in anisotropic media (studying the index ellipsoid and the normal modes of anisotropic crystals).
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach der Teilnahme an den Vorlesungen und den dazugehörigen Übungen werden die Studierenden in der Lage sein: • in der Lage sein, Probleme der räumlichen und zeitlichen Ausbreitung von elektromagnetischen/optischen Feldern in homogenen Medien mathematisch zu modellieren • Physikalisches Verständnis für die elektromagnetische/optische Strahl- und Impulsausbreitung erlangen • können die geeigneten Methoden und Näherungen zur Lösung von Feldausbreitungsproblemen identifizieren

After attending the lectures and the associated exercise sessions, the students will:

- Be able to mathematically model problems in spatial and temporal propagation of electromagnetic/optical field in homogenous media
- Gain physical intuition about the electromagnetic/optical beam and pulse propagation
- Be able to identify the appropriate methods and approximations to solve field propagation problems

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Sina Saravi
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** Noch nicht verfügbar **Methodische Umsetzung** Die theoretischen Konzepte werden in Form von Vorlesungen vermittelt. Die Übungen bestehen aus theoretischen Problemen, die mit den Konzepten aus der Vorlesung zusammenhängen und von den Studentinnen und Studenten mathematisch gelöst werden können. Die Lösungen werden später in den Übungssitzungen präsentiert. **Lernmaterialien, Literaturangaben** Es werden Vorlesungsunterlagen ausgeteilt; Literaturempfehlungen werden in der ersten Vorlesung gegeben. **Module Homepage** Not yet available **Implementation** The theoretical concepts will be taught in a lecture format. The exercises consist of theoretical problems related to the concepts from the lecture, to be solved mathematically by the students, and later on the solutions will be presented in the exercise sessions. **Teaching Material, Literature** Lecture notes will be handed out; literature recommendations will be given in the first lecture.

Modern Semiconductor Lasers			
Modern Semiconductor Lasers			
Modulnummer / Module number: M.048.26012	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.26012 Modern Semiconductor Lasers	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26012 Modern Semiconductor Lasers	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Modern Semiconductor Lasers:
Empfohlen:
Vertrautheit mit grundlegenden Konzepten der Optik, Quantenmechanik und Halbleiterphysik ist jedoch sehr zu empfehlen.

None

Prerequisites of course Modern Semiconductor Lasers:
Recommended:
The familiarity with basic concepts from optics, quantum mechanics and semiconductor physics is highly recommended.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Modern Semiconductor Lasers:* Halbleiterlaser sind zentrale Lichtquellen der modernen Photonik und ermöglichen Anwendungen, die von der optischen Kommunikation und Sensorik bis hin zu Quantentechnologien reichen. Neben einer Wiederholung der physikalischen Grundlagen des Halbleiterlaserbetriebs konzentriert sich dieser Kurs auf aktuelle Fortschritte und neue Entwicklungsrichtungen, die das Fachgebiet maßgeblich prägen. Die Teilnehmenden lernen neuartige Laserkonzepte kennen, die auf photonischen Kristallen, Nanophotonik, Spintronik, Topologie und nicht-hermitescher Physik basieren, sowie die theoretischen Ansätze, die zur Beschreibung dieser Bauelemente über die konventionelle Lasertheorie hinaus erforderlich sind. Zu den behandelten Themen gehören: • Grundlagen des Halbleiterlaserbetriebs: Verstärkungsmedien, Laserdynamik, Modulationsverhalten und Linienbreite • Modernste Halbleiterlaser-Technologien und deren Leistungsgrenzen • Oberflächenemittierende Laser auf Basis photonischer Kristalle (PCSELs) und skalierbare Einmoden-Hochleistungsemission • Nanolaser, Hohlraum-Quantenelektrodynamik (Cavity QED) und schwellenloser Laserbetrieb • Spinlaser und neue Ansätze zur ultraschnellen Informationskodierung • Laser auf Basis gebundener Zustände im Kontinuum (BIC) und topologische Laser • Aufstrebende Konzepte, darunter supersymmetrische, PT-symmetrische, Dirac-, polaritonische und plasmonische Laser • Fortgeschrittene theoretische Themen: nicht-hermitesche Effekte, Quantenrauschen, komplexe Verstärkungsmedien und moderne numerische Verfahren für großskalige Lasersysteme *Contents of the course Modern Semiconductor Lasers:* Semiconductor lasers are the key light sources of modern photonics, enabling applications ranging from optical communications and sensing to quantum technologies. While reviewing the fundamental principles of semiconductor laser operation, this course focuses on recent advances and emerging directions that are reshaping the field. Participants will explore novel laser concepts based on photonic crystals, nanophotonics, spintronics, topology, and non-Hermitian physics, as well as the theoretical frameworks required to describe these devices beyond conventional laser theory. Topics covered include: • Fundamentals of semiconductor laser operation: gain media, laser dynamics, modulation response, and linewidth • State-of-the-art semiconductor laser technologies and their performance limits • Photonic-crystal surface-emitting lasers (PCSELs) and scalable single-mode high-power emission • Nanolasers, cavity quantum electrodynamics, and thresholdless lasing • Spin lasers and new approaches to ultrafast information encoding • Bound-state-in-continuum (BIC) lasers and topological lasers • Emerging concepts including supersymmetric, PT-symmetric, Dirac, polaritonic, and plasmonic lasers • Advanced theoretical topics: non-Hermitian effects, quantum noise, complex gain media, and modern computational approaches for large-scale laser systems

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

Nach erfolgreichem Abschluss dieses Kurses sind die Teilnehmenden in der Lage, die physikalischen Prinzipien zu erläutern, die dem Betrieb von Halbleiterlasern zugrunde liegen – einschließlich optischer Verstärkung, Laserdynamik, Modulationsverhalten und der Ursachen der Linienbreite. Sie können etablierte Halbleiterlaser-Technologien analysieren und vergleichen sowie deren Leistungsgrenzen bewerten. Darüber hinaus entwickeln die Teilnehmenden ein kritisches Verständnis für neuartige Laserkonzepte – wie etwa photonische Kristalllaser, Nanolaser, Spinlaser, BIC-Laser und topologische Laser – und können deren Funktionsweise mit aktuellen Konzepten der Photonik wie der Hohlraum-Quantenelektrodynamik, der nicht-hermiteschen Physik und der Topologie in Zusammenhang bringen. Schließlich machen sich die Teilnehmenden mit fortgeschrittenen theoretischen und numerischen Methoden zur Beschreibung moderner Halbleiterlaser vertraut und sind in der Lage, die aktuelle Forschungsliteratur auf diesem sich rasch entwickelnden Gebiet zu beurteilen.

Upon successful completion of this course, participants will be able to explain the physical principles governing semiconductor laser operation, including optical gain, laser dynamics, modulation response, and origin of linewidth. They will be able to analyze and compare established semiconductor laser technologies and evaluate their performance limitations. Furthermore, participants will develop a critical understanding of emerging laser concepts, including photonic-crystal, nano-, spin-, BIC, and topological lasers, and will be able to relate their operation to contemporary concepts in photonics such as cavity quantum electrodynamics, non-Hermitian physics, and topology. Finally, participants will gain familiarity with advanced theoretical and computational approaches used to describe modern semiconductor lasers and will be able to assess current research literature in this rapidly evolving field.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

	None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr. Mariusz Drong
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** `https://panda.uni-paderborn.de/` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben **Module Homepage** `https://panda.uni-paderborn.de/` **Implementation** Lectures and exercises **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.26003 Optische Nachrichtentechnik A	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26003 Optical Communication A	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik A:
Keine

None

Prerequisites of course Optische Nachrichtentechnik A:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik A:* **Kurzbeschreibung** Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik A vermittelt Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Optischen Nachrichtentechnik und der hierbei verwendeten optischen Komponenten. **Inhalt** 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. *Contents of the course Optische Nachrichtentechnik A:* **Short Description** The lecture Optical Communication A gives basic knowledge in Optical Communication and the components used in this field. **Contents** 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	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang • die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und • Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen, • können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und • sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden **Domain competence:** After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to • describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and • apply knowledge of optoelectronics **Key qualifications:** The students • are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines, • are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis and • are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
☒Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) □Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table>
☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Written or Oral Examination or Presentation</td><td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Prof. Dr. Reinhold Noé</td></tr>
</table>

13 **Sonstige Hinweise** / **Other Notes:**

Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik A:

ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS
Die Lehrveranstaltung findet im WiSe 2026/27 bzw. im SoSe 2026 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet.

Lehrveranstaltungsseite
`http://ont.upb.de`
Lernmaterialien, Literaturangaben
Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

- R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002
- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

Remarks of course Optische Nachrichtentechnik A:

ATTENTION - IMPORTANT NOTICE
The course doesn't take place in winter term 2026/27 summer term 2026. Please see the notice boards of the group.

Course Homepage
`http://ont.upb.de`
Teaching Material, Literature
Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002
- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

Optische Nachrichtentechnik B			
Optical Communication B			
Modulnummer / Module number: M.048.26004	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.26004 Optische Nachrichtentechnik B	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26004 Optical Communication B	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik B:
Keine

None

Prerequisites of course Optische Nachrichtentechnik B:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik B:* **Kurzbeschreibung** Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik B vermittelt Kenntnisse auf dem Gebiet der Modenkopplung in der Optischen Nachrichtentechnik und erklärt damit die Funktion vieler optischer Komponenten. **Inhalt** 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. *Contents of the course Optische Nachrichtentechnik B:* **Short Description** The lecture Optical Communication B gives some knowledge about mode coupling in Optical Communication and explains the function of many optical components. **Contents** 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.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang • die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und • Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen, • können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und • sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubildenmselves

Domain competence:
After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to

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

Key qualifications:
The students

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Reinhold Noé
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik B:* --- **ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS** Die Lehrveranstaltung findet im WiSe 2026/27 bzw. im SoSe 2026 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet. --- **Lehrveranstaltungsseite** `http://ont.upb.de` **Lernmaterialien, Literaturangaben** Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): • Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7 • Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002 • D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik • W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik • G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen) • K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992 • H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter) • Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik) • R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

Remarks of course Optische Nachrichtentechnik B:

ATTENTION - IMPORTANT NOTICE
The course doesn't take place in winter term 2026/27 summer term 2026. Please see the notice boards of the group.

Course Homepage
`http://ont.upb.de`
Teaching Material, Literature
Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002
- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

Optische Nachrichtentechnik C			
Optical Communication C			
Modulnummer / Module number: M.048.26005	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.26005 Optische Nachrichtentechnik C	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26005 Optical Communication C	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik C:
Keine

None

Prerequisites of course Optische Nachrichtentechnik C:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik C:* **Kurzbeschreibung** Die Vorlesung und Übung Optische Nachrichtentechnik C vermittelt Kenntnisse über verschiedene optische Modulations- und Demodulationsverfahren. **Inhalt** 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 Polarisationregelung und elektronische Kompensation von Polarisationsmodendispersion und chromatischer Dispersion, Phasenrauschen, weitere Modulationsverfahren. Fortschrittliche Modulationsverfahren sind eine wichtige Möglichkeit zur Weiterentwicklung leistungsfähiger optischer Nachrichtenübertragungssysteme. *Contents of the course Optische Nachrichtentechnik C:* **Short Description** The lecture Optical Communication C gives knowledge in various optical modulation and demodulation techniques. **Contents** 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	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang • die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und • Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen, • können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und • sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

Domain competence:
After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to

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

Key qualifications:
The students

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Reinhold Noé
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik C:* **ACHTUNG - WICHTIGER HINWEIS** Die Lehrveranstaltung findet im WiSe 2026/27 bzw. im SoSe 2026 nicht statt. Bitte beachten Sie auch die Aushänge im Fachgebiet. **Lernmaterialien, Literaturangaben** Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): • Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7 • Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002 • D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik • W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik • G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen) • K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992 • H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter) • Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik) • R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

Remarks of course Optische Nachrichtentechnik C:

ATTENTION - IMPORTANT NOTICE
The course doesn't take place in winter term 2026/27 summer term 2026. Please see the notice boards of the group.

Teaching Material, Literature
Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002
- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

Optische Nachrichtentechnik D			
Optical Communication D			
Modulnummer / Module number: M.048.26006	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.26006 Optische Nachrichtentechnik D	2V 2Ü, SS2	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26006 Optical Communication D	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik D:
Keine

None

Prerequisites of course Optische Nachrichtentechnik D:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik D:* **Kurzbeschreibung** Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik D vermittelt Kenntnisse über nichtlineare optische Verzerrungen in Lichtwellenleitern, elektronische Detektion linearer Verzerrungen, außerdem Polarisationsverwürfelung. **Inhalt** 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. *Contents of the course Optische Nachrichtentechnik D:* **Short Description** The lecture Optical Communication D gives knowledge about nonlinear optical effects in waveguides, their electronical detection, furthermore polarization scrambling. **Contents** 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, polar-ization scrambling, ... Nonlinear distortions are important in practice and difficult to handle. The stu-dents should also prepare topics of their choice and present them to the others.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang • die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und • Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen, • können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und • sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

Domain competence:
After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to

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

Key qualifications:
The students

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

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Reinhold Noé
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Optische Nachrichtentechnik D:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://ont.upb.de` **Lernmaterialien, Literaturangaben** Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): • R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7 • Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002 • D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik • W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik • G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen) • K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992 • H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter) • Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik) • R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

Remarks of course Optische Nachrichtentechnik D:
Course Homepage
`http://ont.upb.de`
Teaching Material, Literature
Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002
- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

Optoelectronics			
Optoelectronics			
Modulnummer / Module number: M.048.26011	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.26011 Optoelectronics	2V 2Ü, SS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26011 Optoelectronics	2L 2Ex, SS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optoelectronics:
Keine

None

Prerequisites of course Optoelectronics:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Optoelectronics:* **Kurzbeschreibung** Die Vorlesung Optoelectronics vermittelt alle grundlegenden Aspekte optoelektronischer Bauelemente, beginnend bei den Halbleitermaterialien und deren Wechselwirkung mit Licht bzw. Photonen, über die elektronischen Aspekte der Bauelemente bis hin zur Nutzung quantenmechanischer Effekte zur Optimierung moderner Bauelemente für die jeweiligen Anwendungsgebiete, wie z.B. in Beleuchtungssystemen, zur Bereitstellung erneuerbarer Energie, für breitbandige optische Kommunikationssysteme oder in der Medizintechnik. **Inhalt** Im ersten Teil der Vorlesung werden die Grundlagen von Halbleitern (Gitterstruktur, Bandstruktur, direkt-indirekte Halbleiter, Dotierung, entartete und nicht entartete Halbleiter, Heterostrukturen, Quanteneffekte in niederdimensionalen Halbleitern) rekapituliert. Anschließend werden die elementaren Wechselwirkungen zwischen Licht und Halbleitern (Absorption, stimulierte Emission, spontane Emission) und die elektronischen Aspekte der Bauelemente (p-n-Übergang, Heteroübergänge) behandelt. Anschließend werden die wichtigsten Bauelemente: Solarzellen, Photodioden, Leuchtdioden und Halbleiterlaser detailliert besprochen und ihre wichtigsten Parameter und Optimierungsstrategien diskutiert. *Contents of the course Optoelectronics:* **Short description** The lecture Optoelectronics covers the fundamental aspects of optoelectronic devices, starting with semiconductor materials and their interaction with light and photons, to the electronic aspects of the components, and finally to the use of quantum mechanical effects to optimise modern components for their respective areas of application, such as in lighting systems, renewable energy, broadband optical communication systems or in medical technology. **Contents** In the first part of the lecture, the basics of semiconductors (lattice structure, band structure, direct-indirect semiconductors, doping, degenerate and non-degenerate semiconductors, heterostructures, quantum effects in low-dimensional semiconductors) are recapitulated. The elementary interactions between light and semiconductors (absorption, stimulated emission, spontaneous emission) and the electronic aspects of the components (p-n junction, heterojunctions) are then covered. Finally, the most important devices such as solar cells, photodiodes, light-emitting diodes and semiconductor lasers are discussed in detail and their most important parameters and optimisation strategies are explained.

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

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

- die grundlegenden physikalischen Eigenschaften von optoelektronischen Halbleiterbauelementen auf der Grundlage klassischer und grundlegender quantenmechanischer Beschreibungen zu erklären,
- die wichtigsten Konzepte von optoelektronischen Halbleiterbauelementen (Fotodioden, Solarzellen, Leuchtdioden, Halbleiterlaser) zu beschreiben,
- und verschiedene Bauelementdesigns entsprechend ihren Anwendungsanforderungen zu kategorisieren.

Fachübergreifende Kompetenzen:
Die Studierenden

- können methodisches Wissen für die systematische Problemanalyse in einer Vielzahl von Disziplinen nutzen,
- werden in der Lage sein, sich dank der umfassenden Grundausbildung selbstständig in neue Generationen von Halbleiterbauelementen einzuarbeiten,
- werden mit Ratengleichungsmodellen zur Simulation stationärer und dynamischer Eigenschaften in gekoppelten Systemen vertraut gemacht,
- und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenzen.

Domain competence:
After attending the course, the students will be able to

- explain the basic physical properties of optoelectronic semiconductor devices based on classical and fundamental quantum mechanical descriptions,
- to describe the main concepts of optoelectronic semiconductor devices (photodiodes, solar cells, light emitting diodes, semiconductor lasers),
- categorize different device designs according to their application requirements.

Key qualifications:
The students

- can use of methodic knowledge for systematic problem analysis for a wide range of disciplines,
- will be in position to familiarise themselves independently with new generations of semiconductor devices, thanks to the comprehensive fundamental training received,
- get familiar to rate-equation models to simulate steady-state and dynamic characteristics in coupled systems,
- and gain foreign language competences related to the field.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

	⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr.-Ing. Nils Christopher Gerhardt
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Lehrveranstaltungsseite** [https://ei.uni-paderborn.de/hob/lehre] **Modulseite** wird bei Vorlesungsstart bekannt gegeben **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Vorlesungsskript und Handouts zum Tutorial; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben

	Course Homepage [https://ei.uni-paderborn.de/hob/lehre] **Module Homepage** to be announced at the start of the lecture **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Lecture notes and handouts for the tutorial; literature references will be given in the first lecture

Theory and Design of Integrated Photonic Devices			
Theory and Design of Integrated Photonic Devices			
Modulnummer / Module number: M.048.26013	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-.3 Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.26013 Theory and Design of Integrated Photonic Devices	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.26013 Theory and Design of Integrated Photonic Devices	2L 2Ex, WS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Theory and Design of Integrated Photonic Devices:
Empfohlen:

- Wissen über elektromagnetische Felder und Wellen
- Erfahrung mit MATLAB-/Python-Skripting wäre von Vorteil

	None *Prerequisites of course Theory and Design of Integrated Photonic Devices:* **Recommended:** Knowledge on electromagnetic fields and waves Experience with MATLAB/Python scripting would be beneficial
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Theory and Design of Integrated Photonic Devices:* • Einführung – Historische Entwicklung der integrierten Photonik und ihre heutige Bedeutung – Kurzer Überblick über die erforderlichen theoretischen Grundlagen * Elektromagnetische Wellen und Maxwell-Gleichungen * Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in verschiedenen Medien • Theorie optischer Wellenleiter: Bauelement Nr. 0 – Analyse eindimensionaler (1D) Wellenleiter * Strahlenoptisches Modell * Vektorwellengleichung und Randbedingungen – Analyse zweidimensionaler (2D) Wellenleiter * Überblick über Wellenleiterplattformen und die Methode des effektiven Brechungsindex * Überblick über die vollvektorielle Methode * Dispersion, Polarisation und Orthogonalität geführter Moden • Theorie gekoppelter Moden: analytische Formulierung • Passive integriert-photonische Bauelemente – Richtkoppler (DC): Bauelement Nr. 1 – Multimoden-Interferometer (MMI): Bauelement Nr. 2 – Verteilter Bragg-Reflektor (DBR): Bauelement Nr. 3 • Abstimmbare/aktive integriert-photonische Bauelemente – Mach-Zehnder-Interferometer (MZI) / -Modulator (MZM): Bauelement Nr. 4 – Mikroringresonatoren (MRR) / -Modulator (MRM): Bauelement Nr. 5 – Überblick über Phasenschieber: thermisch, elektro-optisch und MEMS-basiert • Fertigungsvariabilität und Toleranzen integriert-photonischer Bauelemente • Überblick über die Analyse photonischer integrierter Schaltkreise (PICs), Einführung in die Kompaktmodellierung und die elektronisch-photonische Entwurfsautomatisierung (EPDA)

Contents of the course Theory and Design of Integrated Photonic Devices:

- Introduction
  - Historical evolution of integrated photonics and relevance in today's world
  - Brief overview on the required background theory
    - Electromagnetic waves and Maxwell's equations
    - EM waves propagation in different media
- Theory of optical waveguides: Device #0
  - 1-D waveguide analysis
    - Ray optics model
    - Vector wave equation and boundary conditions
  - 2-D waveguide analysis
    - Overview of waveguide platforms and effective index method
    - Overview of the full vectorial method
    - Dispersion, polarization and orthogonality of guided modes
- Coupled-mode theory: analytical formulation
- Passive integrated photonic devices
  - Directional coupler (DC): Device #1
  - Multi-mode interferometers (MMI) : Device #2
  - Distributed Bragg reflector (DBR): Device #3
- Tunable/active integrated photonic devices
  - Mach-Zehnder interferometer (MZI) / modulator (MZM): Device #4
  - Microring resonators (MRR) / modulator (MRM): Device #5
  - Overview of phase shifters: thermal, electro-optic and MEMS-based
- Fabrication variability and tolerances of the integrated photonic devices
- Overview of photonic integrated circuit (PIC) analysis, introduction to compact-modeling and electronic-photonic design automation (EPDA)

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

Verständnis der Funktionsweise und der theoretischen Grundlagen integrierter photonischer Bauelemente, der bei deren Design bestehenden Einschränkungen sowie der Strategien zu deren Überwindung.

Understanding the working and fundamental theory of integrated photonic devices, constraints involved in the device designs and overcoming strategies.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

	⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr. Ashitosh Velamuri
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben

	Module Homepage **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

2.4.6 Prozessdynamik

Katalogname / Name of catalogue	Prozessdynamik / Process Dynamics
Module / Modules	* Advanced System Theory / Advanced System Theory * Circular Economy * Gekoppelte Felder / Coupled Fields * Geregelte Drehstromantriebe / Controlled AC Drives * Geregelte Netzumrichter / Control of Grid-Tied Converters * Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen / Industry-related sustainability topics * Optimization-Based Control Methods * Nonlinear control of autonomous and robotic systems * Prozessdynamik und Prozessregelung / Process Dynamics and Process Control * Technische Akustik / Technical Acoustics * Ultraschallmesstechnik / Ultrasonic measurement technology
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Claes, Leander, Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	Der Katalog Prozessdynamik bietet im Rahmen der automatisierungstechnischen Lehre eine Spezialisierung, die ausgerichtet ist auf die Erstellung von mathematischen Modellen für dynamische Prozesse und die Entwicklung und den Einsatz von Methoden sowohl für die Analyse der Dynamik als auch für den Entwurf von Regelungen. Aufgrund der Bedeutung einer repräsentativen Informationsgewinnung für die Beherrschung dynamischer Prozesse werden spezielle Messmethoden (akustische und optische) zur Bestimmung physikalischer und technischer Prozessgrößen sowie die Anwendung stochastischer Methoden zur Charakterisierung von Prozessinformationen behandelt. Die erfolgreich Studierenden sind in der Lage, die für die Bearbeitung einer konkreten automatisierungstechnischen Aufgabenstellung geeigneten Methoden auszuwählen bzw. zu entwickeln und die den einzelnen Methoden anhaftenden Grenzen ihrer Anwendbarkeit zu erkennen.

Advanced System Theory			
Advanced System Theory			
Modulnummer / Module number: M.048.27018	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.27018 Advanced System Theory	2V 2Ü, WS/SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.27018 Advanced System Theory	2L 2Ex, WS/SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced System Theory:
Empfohlen: Voraussetzung ist ein Grundverständnis von Differentialgleichungen, linearer Algebra und Laplace-Transformationen, wie sie in einem typischen Grundstudium der Systemtheorie behandelt werden.

None

Prerequisites of course Advanced System Theory:
Recommended: Prerequisites are a basic understanding of differential equations, linear algebra, and Laplace transforms, as they are covered in a typical undergraduate course on system theory.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced System Theory:* **Kurzbeschreibung** Aufbauend auf einem Grundkurs in Systemtheorie behandelt dieser Kurs das dynamische Verhalten linearer Systeme mit größerer mathematischer Sorgfalt. Der Kurs ist in erster Linie für Studierende der Ingenieurwissenschaften gedacht, kann aber auch für Studierende der Physik und anderer Naturwissenschaften nützlich sein. **Inhalte** Systemmodelle und Differentialgleichungen • Zustandsraum- und E/A-Beschreibungen • Beziehungen zwischen internen und externen Beschreibungen • Reaktion von Systemen mit kontinuierlicher und diskreter Zeit • Stabilität, Kontrollierbarkeit, Beobachtbarkeit • Zustandsraumrealisierungen von externen Beschreibungen *Contents of the course Advanced System Theory:* **Short Description** 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. **Contents** • 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
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** 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. 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.

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
☒Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) □Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table>
☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Written or Oral Examination or Presentation</td><td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Prof. Dr. Erdal Kayacan</td></tr>
</table>

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced System Theory:* **Lehrveranstaltungsseite** `https://en.ei.uni-paderborn.de/rat` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) Panda-Kurs für Kommunikation und Organisation **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Tutoriumsfragen; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben *Remarks of course Advanced System Theory:* **Course Homepage** `https://en.ei.uni-paderborn.de/rat` **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) Panda course for communication and organization **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Circular Economy			
Circular Economy			
Modulnummer / Module number: M.104.7422	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3.	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.104.61241 Circular Economy (ET)	V2 S2	60	120	P	12

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.104.61241 Circular Economy	L2 S2	60	120	C	12

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

None

4	**Inhalte / Contents:** Die Inhalte dieses Moduls drehen sich um die interdisziplinäre Entwicklung von zirkulären Lösungen im Energiebereich. Die Unterthemen des Semesters werden spätestens zu Beginn der Einschreibung auf der Homepage des Fachbereichs (go.upb.de/NIWI_1) bekannt gegeben. Beispiele könnten sein: Kreislaufwirtschaft für Batterien, für Transformatoren, für Photovoltaikanlagen. Die grundlegenden Bestandteile sind: • Grundlagen der Kreislaufwirtschaft • Energiesysteme und ihre Komponenten • Semesterspezifisches Unterthema von CE im Energiebereich • Übungen zur Kreislaufwirtschaft in den ausgewählten Unterthemen der Energiebranche • Kritikalität • Erarbeitung der Problemstellung bzw. des Bedarfs • Durchführen einer Projektplanung • Rückkopplung und Optimierung The contents of this module revolve around the interdisciplinary development of circular economy (CE) solutions in the field of energy. The subtopics of the semester will be announced on the department's homepage (go.upb.de/NIWI_1) no later than the start of registration. Examples could be: CE for batteries, CE for transformers, CE for Photovoltaic systems. The basic components are: • Basics of Circular economy • Energy systems and its components • Assignments on circular economy in the selected subtopics of the energy branch • Semester-specific subtopic of CE in the energy field • Criticality • Elaboration of the problem or need • Carrying out project planning • Feedback and optimization
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Die Studierenden erwerben Fachwissen zum Unterthema des Semesters (siehe Inhalte). Dazu werden gemeinsam Problemstellungen formuliert oder von den Dozenten vorgegeben. Die Studierenden entwickeln Lösungen für ein nachhaltigeres Zusammenleben oder eine nachhaltigere Wirtschaft. Dies kann z.B. eine technische (evtl. patentfähige) Lösung, ein Prototyp für ein Produkt, eine Geschäftsidee für eine Ausgründung oder auch eine vertiefte Arbeit sein. Der Ansatz fördert kommunikative Fähigkeiten sowie die Fähigkeit, in einem Team zu arbeiten und über Lösungen für einen bestimmten CE-Ansatz nachzudenken. Students acquire specialist knowledge on the subtopic of the semester (see contents). For this purpose, problems are formulated together or given by the lecturer. The students develop solutions for a more sustainable coexistence or a more sustainable economy. This can e.g. be a technical (possibly patent-worthy) solution, a prototype for a product, a business idea for a spin-off or even an in-depth job. The approach promotes communicative skills as well as the ability to work in a team and reflect on solutions for a specific CE approach.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	schriftliche Hausarbeit (Einzelarbeit) sowie Projektarbeit (Gruppenarbeit)	15-30 Seiten sowie Dokumentation und Präsentation (30 Minuten)	40%/60%

□Final module exam (MAP) □Module exam (MP) ⊠Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)			40%/60%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden sind.

The credit points are awarded after the module examinations (MTP) were passed.

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

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

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

11 **Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:**

Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4

12 **Modulbeauftragte/r / Module coordinator:**

Dr. Reem Shaheen, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Alexander Schlüter

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** Die Studierenden erwerben Fachwissen zu den angegebenen Themen (siehe Inhalt). Dazu werden gemeinsam Problemstellungen formuliert oder vom Dozenten vorgegeben. Die Studierenden entwickeln Lösungen für ein nachhaltigeres Zusammenleben oder eine nachhaltigere Wirtschaft. Dies kann z.B. eine technische (evtl. patentfähige) Lösung, ein Prototyp für ein Produkt, eine Geschäftsidee für eine Ausgründung oder auch eine vertiefte Arbeit sein. Der Ansatz fördert kommunikative Fähigkeiten sowie die Fähigkeit, in einem Team zu arbeiten und über Lösungen für einen bestimmten CE-Ansatz nachzudenken. Die Veranstaltung ist teilnehmerbegrenzt. Die Angabe dieser Begrenzung ist in Summe für die zugehörigen Veranstaltungen gemeint, z.B. auch nach anderer Prüfungsordnung. Bitte hinterlegen Sie daher Ihr Interesse nach Windhundverfahren per E-Mail: reem.shaheen@uni-paderborn.de. Students acquire specialist knowledge on the mentioned topics (see contents). For this purpose, problems are formulated together or given by the lecturer. The students develop solutions for a more sustainable coexistence or a more sustainable economy. This can e.g. be a technical (possibly patent-worthy) solution, a prototype for a product, a business idea for a spin-off or even an in-depth job. The approach promotes communicative skills as well as the ability to work in a team and reflect on solutions for a specific CE approach. The number of participants for this event is limited. The specified limit refers to the total number of participants for the associated events, including, for example, those under different examination regulations. If you are interested, please e-mail reem.shaheen@uni-paderborn.de. Places will be allocated on a first come, first served basis.

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

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehr-form	Kontakt-zeit (h)	Selbst-studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen-größe (TN)
a)	L.048.27028 Gekoppelte Felder	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.048.27028 Coupled Fields	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Gekoppelte Felder:
Empfohlen: Grundkenntnisse aus dem Bereich der klassischen Feldtheorie, zum Beispiel aus den Modulen “Feldtheorie”, “Elektromagnetische Wellen” und “Theoretische Elektrotechnik”.

None

Prerequisites of course Gekoppelte Felder:
Recommended: Basic knowledge from the area of classical field theory, for example from the modules “Field Theory”, “Electromagnetic Waves” and “Theoretical Electrical Engineering”.

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Gekoppelte Felder:* Fokus der Lehrveranstaltung Gekoppelte Felder ist die klassische feldtheoretische Betrachtung interagierender elektromagnetischer, thermischer und mechanischer Phänomene sowie deren Anwendung in der Sensorik und Aktorik. Nach einer Einführung in die mathematische Beschreibung der einzelnen Feldgrößen werden folgende Themen behandelt: • Elektromechanische Kopplung an den Beispielen des piezoelektrischen Effekts, der Elektrostriktion und der Magnetostriktion. • Thermomechanische Kopplung am Beispiel der Thermoelastizität sowie bei der Beschreibung verlustbehafteter akustischer Wellen. • Thermoelektrische Kopplung am Beispiel der Pyroelektrizität. • Phänomene mit elektromagnetisch-thermisch-mechanischer Kopplung wie der photoakustische Effekt. Neben der Beschreibung der Effekte wird auf Analogien, Gemeinsamkeiten und Unterschiede eingegangen sowie Aspekte der numerischen Simulation besprochen. *Contents of the course Gekoppelte Felder:* The focus of the course Coupled Fields is the classical field theory of interacting electromagnetic, thermal and mechanical phenomena as well as their application in sensors and actuators. After an introduction to the mathematical description of the individual fields, the following topics are covered: • Electromechanical coupling based on examples in piezoelectricity, electrostriction and magnetostriction. • Thermomechanical coupling such as thermoelasticity and lossy acoustic waves. • Thermoelectric coupling, for example pyroelectricity. • Phenomena with electromagnetic-thermal-mechanical coupling such as the photoacoustic effect. In addition to the description of the effects, analogies as well as similarities and differences are considered and aspects of numerical simulation are discussed.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach dem Besuch der Lehrveranstaltung sind die Studenten in der Lage, • die Wirkungsweise der besprochenen physikalischen Effekte phänomenologisch und auf Differentialgleichungsebene zu beschreiben. • Ergebnisse numerischer Simulationen verkoppelter Felder zu interpretieren und auf Plausibilität zu Prüfen. • für sensorische und aktorische Anwendungen verkoppelter Felder geeignete Komponenten auszuwählen. • aus Beobachtungen Rückschlüsse auf den zugrundeliegenden physikalischen Effekt zu ziehen. After attending the course, students will be able to • describe the discussed physical effects phenomenologically and with differential equations. • interpret the results of numerical simulations of coupled fields and check them for plausibility. • select suitable components for sensor and actuator applications of coupled fields. • infer an acting physical effect from observations.

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
☒Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) □Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table>
Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Written or Oral Examination or Presentation</td><td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table>
Within the first three weeks of the lecture period each respective lecturer will specify the manner in which the examination will be conducted.</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
</table>

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Leander Claes
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** `https://emt.upb.de` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Vorlesungsfolien sowie Übungsaufgaben werden bereitgestellt. Auf ergänzende Fachliteratur wird im Verlauf der Veranstaltung hingewiesen. **Module Homepage** `https://emt.upb.de` **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Lecture slides and exercises will be provided. Additional literature references will be given throughout the course.

Regelung elektrischer Antriebe			
Control of Electric Drives			
Modulnummer / Module number: M.048.27013	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.27013 Regelung elektrischer Antriebe	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.27013 Control of Electric Drives	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Regelung elektrischer Antriebe:
Empfohlen:

- Grundlagen Regelungstechnik
- Grundlagen elektrische Maschinen
- Grundlagen Leistungselektronik

	None *Prerequisites of course Regelung elektrischer Antriebe:* **Recommended:** • basics of control theory • basics of electrical machines • basics of power electronics
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Regelung elektrischer Antriebe:* **Kurzbeschreibung** Die Lehrveranstaltung vermittelt die Regelung von elektrischen Maschinen (Gleichstrommaschinen, Synchronmaschinen und Asynchronmaschinen). Die vermittelten Inhalte werden in Simulationen im Rahmen der Übungen überprüft. **Inhalt** • Maschinenmodelle (Gleichstrommaschinen, Synchronmaschinen und Induktionsmaschinen) • Koordinatentransformationen • Feldorientierte Regelung für die untersuchten Maschinen • Beobachter • Fortgeschrittene Regelungsansätze (direct torque control, modellprädiktive Regelung) *Contents of the course Regelung elektrischer Antriebe:* **Short Description** The course teaches the closed-loop control for electrical machines (DC machines, synchronous machines, and induction machines). The presented content is tested in simulations within the exercises. **Contents** • machine models (dc machines, synchronous machines, and induction machines) • coordinate transformations • field-oriented control for particular machines • observers • advanced control techniques (direct torque control, model-predictive control)
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden: • die Funktionsweise elektrischer Antriebe (basierend auf Gleichstrommaschinen, Synchronmaschinen und Induktionsmaschinen) zu erklären • ein Simulationsmodell für die Zielanwendung aufzubauen • ein geeignetes Steuerungssystem für die jeweiligen elektrischen Maschinen zu entwerfen und als Simulationsmodell zu implementieren

After successfully completing the module, students will be able to

- explain the functionality of electric drives (based on dc machines, synchronous machines, and induction machines)
- set up a simulation model for the target application
- design a suitable control system for the particular electric machines and implement it as a simulation model

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr.-Ing. Jakub Kucka
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Regelung elektrischer Antriebe:* **Methodische Umsetzung** Teile der Veranstaltung werden als Simulationsübung durchgeführt. **Material** Vorlesungsfolien. *Remarks of course Regelung elektrischer Antriebe:* **Implementation** Parts of the course are organized as computer-based simulation exercises. **Teaching Material** Lecture slides.

Geregelte Netzumrichter			
Control of Grid-Tied Converters			
Modulnummer / Module number: M.048.22021	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.22021 Geregelte Netzumrichter	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.22021 Control of Grid-Tied Converters	2L 2Ex, WS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Geregelte Netzumrichter:
Empfohlen:

- Grundlagen der Leistungselektronik (empfohlen)
- Grundlagen der Regelungstechnik (empfohlen)

	None *Prerequisites of course Geregelte Netzumrichter:* **Recommended:** • Basics of Power Electronics (recommended) • Basics of Control Theory (recommended)
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Geregelte Netzumrichter:* Ziel dieses Moduls ist es, anwendungsorientierte Kenntnisse für den Betrieb von netzgekoppelten Umrichtern zu erarbeiten. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Funktionsprinzipien, Anforderungen sowie auf der Umrichterregelung. • Netzanschlussbedingungen und weitere Anforderungen • dreiphasige und einphasige Spannungszwischenkreis-Umrichtertopologien für den Netzbetrieb • Modellierung der Umrichterkomponenten für Simulationszwecke • Spannungs- und Stromtransformationen, die bei der Regelung verwendet werden • die Regelungsalgorithmen für diese Topologien • verschiedene PLLs und ihre Eigenschaften *Contents of the course Geregelte Netzumrichter:* The goal of this module is to develop application-oriented skills regarding the operation of grid-tied converters. The focus is on the operational principles, requirements, and control. • grid codes and other requirements • three-phase and single-phase voltage converter topologies for grid operation • modeling the inverter components for simulation purposes • voltage and current transformations utilized for control • the control algorithms for these topologies • different PLLs and their properties
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden: • die Funktionsweise netzgebundener Umrichter erläutern • ein Simulationsmodell für die Zielanwendung aufbauen • eine passende Regelung für den Netzbetrieb des einphasigen sowie des dreiphasigen Umrichters entwerfen und als Simulationsmodell implementieren • wesentliche Netzanforderungen erläutern After successfully completing the module, students will be able to • explain the functionality of grid-tied converters • set up a simulation model for the target application • design a suitable control system for the grid operation of the single-phase and three-phase inverters and implement it as a simulation model • explain essential grid code requirements

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

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

11 **Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:**

BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4

12 **Modulbeauftragte/r / Module coordinator:**

Prof. Dr.-Ing. Jakub Kucka

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen			
Industry-related sustainability topics			
Modulnummer / Module number: M.104.7424	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-4.	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.104.61665 Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen (ET)	S4	60	120	P	8

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)
a)	L.104.61665 Industry-related sustainability topics	S4	60	120		8

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

None

4 **Inhalte / Contents:**

Inhalte der Lehrveranstaltung Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen (ET):
Die semestervariablen Inhalte der Veranstaltungen bilden Themenstellungen aus der Industrie ab. Spezifische Überthemen können z. B. sein: Carbon Capture, Anbindung der Fabrik der Zukunft an die Smart City, thermische Energieversorgung von Prozessen und Gebäuden, Anwendung einer neuartigen digitalen Technologie für mehr Ressourcen- und Energieeffizienz, Verbesserung der Kreislauffähigkeit eines Produktionsprozesses oder eines Produkts

Contents of the course Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen (ET):
The semester-variable content of the courses reflects topics from industry. Specific overarching topics can be, for example: carbon capture, connecting the factory of the future to the smart city, thermal energy supply for processes and buildings, application of a new type of digital technology for greater resource and energy efficiency, improving the recyclability of a production process or product.

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

Die Studierenden setzen sich mit einem spezifischen Forschungsthema zur Förderung der industriellen Nachhaltigkeit auseinander. Unter fachlicher Betreuung entwickeln sie durch Analyse und Forschung innovative, praxisorientierte Lösungen.

Students deal with a specific research topic to promote industrial sustainability. Under expert supervision, they develop innovative, practice-oriented solutions through analysis and research.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	schriftliche Hausarbeit (Einzelarbeit) sowie Projektarbeit (Gruppenarbeit)	15-30 Seiten sowie Dokumentation und Präsentation (30 Minuten)	40%/60%

□Final module exam (MAP) □Module exam (MP) ⊠Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)			40%/60%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden ist.

The credit points are awarded after the module examinations (MTP) were passed.

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

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

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

11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Univ.-Prof. Dr.-Ing. Alexander Schlüter
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** Die Bearbeitung findet in einem knappen, vorgegebenen Zeitraum statt. Wann dieser ist bzw. sein kann, wird in der Auftaktveranstaltung besprochen. Processing takes place within a short, specified period of time. When this is or can be will be discussed at the kick-off event.

Nonlinear control of autonomous and robotic systems			
Nonlinear control of autonomous and robotic systems			
Modulnummer / Module number: M.048.27032	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.048.27032 Nonlinear control of autonomous and robotic systems	2V 2Ü, SS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.27032 Nonlinear control of autonomous and robotic systems	2L 2Ex, SS	60	120	C	30/30

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

None

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Nonlinear control of autonomous and robotic systems:
Empfohlen:
Vorausgesetzt wird ein grundlegendes Verständnis der linearen Algebra, der linearen Systemtheorie und der Regelungstechnik, wie es typischerweise in einem Bachelor-Modul zur Regelungstechnik vermittelt wird.

	None *Prerequisites of course Nonlinear control of autonomous and robotic systems:* **Recommended:** Prerequisites are a basic understanding of linear algebra, linear system theory, and control theory as they are covered in a typical undergraduate course on control theory.
4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Nonlinear control of autonomous and robotic systems:* Aufbauend auf einem Bachelor-Modul zur Regelungstechnik führt dieser Kurs in die Analyse und Regelung nichtlinearer dynamischer Systeme ein. Der Schwerpunkt liegt auf grundlegenden Konzepten und Methoden der nichtlinearen Regelungstechnik, mit besonderem Fokus auf deren Anwendung in autonomen Systemen und der Robotik. Der Kurs richtet sich in erster Linie an Studierende der Ingenieurwissenschaften, kann aber auch für Studierende der Physik und anderer Naturwissenschaften von Nutzen sein. Inhalte • Modellierung nichtlinearer Systeme und Zustandsraumdarstellungen • Phasenebenenanalyse und Systemverhalten nichtlinearer Systeme • Ruhelagen (Gleichgewichtspunkte) und lokale Stabilitätsanalyse • Ljapunow-Stabilitätstheorie (Lyapunov-Stabilität) • Exakte Linearisierung (Feedback-Linearisierung) und nichtlinearer Reglerentwurf • Anwendungen der nichtlinearen Regelung in autonomen und robotischen Systemen *Contents of the course Nonlinear control of autonomous and robotic systems:* Building on an undergraduate control theory course, this course introduces the analysis and control of nonlinear dynamical systems. The course focuses on fundamental nonlinear control concepts and methods, with particular emphasis on their application to autonomous and robotic systems. It is primarily intended for engineering students but may also be useful to students in physics and other natural sciences. Contents • Nonlinear system modeling and state-space representations • Phase-plane analysis and nonlinear system behavior • Equilibrium points and local stability analysis • Lyapunov stability theory • Feedback linearization and nonlinear controller design • Nonlinear control applications in autonomous and robotic systems
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** - -

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
The credit points are awarded after all module examinations (MTP) were passed.

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Modulseite
`http://sst.upb.de/teaching`
Methodische Umsetzung
Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner)
Lernmaterialien, Literaturangaben
Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Module Homepage
`http://sst.upb.de/teaching`
Implementation
Lectures and exercises (including some computer simulations)
Teaching Material, Literature
Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

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

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

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

10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulteilprüfungen (MTP) bestanden sind. The credit points are awarded after all module examinations (MTP) were passed.
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Erdal Kayacan
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** `http://sst.upb.de/teaching` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture **Module Homepage** `http://sst.upb.de/teaching` **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Optimization-Based Control Methods			
Optimization-Based Control Methods			
Modulnummer / Module number: M.048.27031	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.27031 Optimization-Based Control Methods	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.27031 Optimization-Based Control Methods	2L 2Ex, WS	60	120	C	30/30

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Optimization-Based Control Methods:
Keine

None

Prerequisites of course Optimization-Based Control Methods:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Optimization-Based Control Methods:* Der Kurs beginnt mit dem Bellmanschen Optimalitätsprinzip und führt in die Grundlagen der Dynamischen Programmierung (DP) zur Lösung von Optimierungsproblemen mit endlichen und unendlichen Zeithorizonten ein. Auf der Grundlage dieses Rahmens werden die Studierenden optimale Steuerungsprobleme mit endlichen und unendlichen Horizonten untersuchen und lernen, wie man DP auf reale Steuerungsprobleme anwendet. Ein bedeutender Teil des Kurses ist dann linearen quadratischen Reglern (LQR) und linearen quadratischen Schätzern (LQE) gewidmet, wobei der Schwerpunkt auf dem Entwurf von Reglern mit optimaler Zustandsrückführung für lineare Systeme liegt. Das LQG kombiniert dann LQR und LQE zu einem robusten Framework für Gaußsches Zustands- und Messrauschen. Zur Behandlung von Optimierungsproblemen mit Zustands- und Eingabebeschränkungen werden die Studierenden in die quadratische Programmierung (QP) und die Grundlagen der konvexen Optimierung eingeführt. Diese Methoden sind für reale Regelungsprobleme mit Beschränkungen für Systemeingang und -zustände unerlässlich. Ein Abschnitt über Modell Prädiktive Regelung (MPC) konzentriert sich dann auf den Entwurf optimaler Regelungsstrategien für beschränkte lineare Systeme, indem eine Reihe von Optimierungsproblemen in Echtzeit gelöst werden. Der Kurs befasst sich anschließend mit der approximativen dynamischen Programmierung (ADP) und ihrer Verbindung zu MPC, wobei Methoden zur Annäherung an optimale Lösungen für rechnerisch schwer lösbare Probleme unter Verwendung traditioneller DP-Techniken untersucht werden. Schließlich werden die Studierenden moderne Methoden für den Entwurf von Convex Optimization Control Policies anwenden und lernen, effiziente und skalierbare Regelungslösungen unter Verwendung von Konvexität und Optimierungsproblemen zu erstellen. Wenn es die Zeit erlaubt, wird der Kurs mit einer kurzen Einführung in Proximal Policy Optimization Methoden abgeschlossen. *Contents of the course Optimization-Based Control Methods:* The course begins with Bellman's Principle of Optimality and introduces the foundations of Dynamic Programming (DP) techniques for solving optimization problems in finite and infinite time horizons. Based on this framework, students will study Finite and Infinite Horizon Optimal Control Problems, learning how to apply DP to real-world control problems over different time scales. A significant portion of the course is then devoted to linear quadratic regulator (LQR) and linear quadratic estimator (LQE) problems, focusing on designing Optimal State Feedback controllers and estimators for linear systems. The linear quadratic Gaussian (LQG) framework then combines LQR and LQE into a robust framework for Gaussian state and measurement noise. To address optimization problems with state and input constraints, students will be introduced to Quadratic Programming (QP) and the fundamentals of Convex Optimization, which are essential for handling real-world control applications that impose limits on system inputs and states. A section on Model Predictive Control (MPC) will then focus on designing optimal control strategies for constrained linear systems by solving a series of optimization problems in real-time, offering a bridge between theory and industrial applications. The course then covers Approximate Dynamic Programming (ADP) and its connection to MPC, exploring methods to approximate optimal solutions for computationally intractable problems using traditional DP techniques. Lastly, students will use modern methods for designing Convex Optimization Control Policies, learning to create efficient and scalable control solutions using convexity and optimization frameworks. Finally, if time permits, the course will close with a short introduction to Proximal Policy Optimization methods.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** - -

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
☒Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) □Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table>
☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Written or Oral Examination or Presentation</td><td>120-180 min or 30-45 min or 30 min</td><td>100%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5)</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Dr. Adrian Redder</td></tr>
</table>

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** **Modulseite** `http://sst.upb.de/teaching` **Methodische Umsetzung** Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) **Lernmaterialien, Literaturangaben** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture **Module Homepage** `http://sst.upb.de/teaching` **Implementation** Lectures and exercises (including some computer simulations) **Teaching Material, Literature** Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

Prozessdynamik und Prozessregelung			
Process Dynamics and Process Control			
Modulnummer / Module number: M.104.7428	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-4.	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehrform**	**Kontaktzeit (h)**	**Selbststudium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppengröße (TN)**
a)	L.104.31255 Prozessdynamik und Prozessregelung (ET)	V2 Ü2	60	120	P	35

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.104.31255 Process Dynamics and Process Control	L2 Ex2	60	120	C	35

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Empfohlen: Prozessdesign

keine

4	**Inhalte / Contents:** In der Lehrveranstaltung werden die Themen Prozessdynamik und Prozessregelung insbesondere für verfahrenstechnische Apparate und Prozesse vermittelt. • Grundlagen der dynamischen Modellierung • Numerik und Lösungsstrategien • Charakteristiken von Prozessdynamik • Step Response Analysis • Regler und Reglertuning in der Verfahrenstechnik • Regelstrategien • Anwendungsbeispiele für dynamische Simulationen Die Vorlesung wird von einer Übung begleitet, in der die Studierenden das erlernte an gängiger Simulationssoftware (z. B. Aspen Custom Modeler und Aspen Dynamics sowie Python) praktisch umsetzen. The course covers the topics of process dynamics and process control, particularly for chemical engineering equipment and processes. • Fundamentals of dynamic modeling • Numerics and solution strategies • Characteristics of process dynamics • Step Response Analysis • Controllers and controller tuning in process engineering • Control strategies • Application examples for dynamic simulations The lecture is accompanied by an exercise in which students apply what they have learned to common simulation software (e. g. Aspen Custom Modeler und Aspen Dynamics as well as Python).
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage • die grundlegenden Unterschiede zwischen stationärer und dynamischer Modellierung und Simulation zu verstehen, • dynamische Modellierungsprobleme zu implementieren und zu lösen, • geeignete Regelstrategien abzuleiten und zu testen, • die Regelstrategien in Bezug auf einen energie- und ressourceneffizienten Betrieb zu bewerten, • die Ergebnisse dynamischer Simulationen zu analysieren und zu interpretieren. After successfully completing the module, students will be able to • understand the fundamental differences between steady-state and dynamic modeling and simulation, • implement and solve dynamic modeling problems, • derive and test suitable control strategies, • evaluate the control strategies with regard to energy- and resource-efficient operation, • analyze and interpret the results of dynamic simulations.

<table>
<tr><td>6</td><td>Prüfungsleistung / Assessments:
☒Modulabschlussprüfung (MAP) □Modulprüfung (MP) □Modulteilprüfungen (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Mündliche Prüfung</td><td>45-60 Minuten</td><td>100%</td></tr>
</table>
☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of examination</th><th>Duration or scope</th><th>Weighting for the module grade</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Oral Examination</td><td>45-60 Minutes</td><td>100%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
keine
none</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Prof. Dr.-Ing. Julia Riese</td></tr>
<tr><td>13</td><td>Sonstige Hinweise / Other Notes:
Keine
None</td></tr>
</table>

Technische Akustik			
Technical Acoustics			
Modulnummer / Module number: M.048.27022	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.27022 Technische Akustik	2V 2Ü, WS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.27022 Technical Acoustics	2L 2Ex, WS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Technische Akustik:
Keine

None

Prerequisites of course Technische Akustik:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Technische Akustik:* **Kurzbeschreibung** Die Lehrveranstaltung Technische Akustik konzentriert sich auf die Vermittlung der Grundlagen der Akustik mit dem Schwerpunkten Modellierung und Simulation von Schallausbreitung. **Inhalt** Die Vorlesung Technische Akustik behandelt folgende Themen: • Akustische und Schallfeldkenngrößen • Grundlagen der Wellenausbreitung • Hörakustik • Wellengleichungen • Modellierung • Elektro-akustische sowie akusto-elektrische Kopplungen • Analytische und numerische Simulation der Schallausbreitung • Materialdaten • Technische Schallquellen (Eigenschaften) • Schallfeldvisualisierung (zur Verifikation) *Contents of the course Technische Akustik:* **Short Description** The course Technical Acoustics concentrates on teaching the basics of acoustics with a focus on modelling and simulation of sound propagation. **Contents:** The lecture Technical Acoustics is structured as follows • Acoustic and sound field characteristics • Fundamentals of wave propagation • Hearing acoustics • Wave equations • Modelling • Electro-acoustic as well as acoustic-electric couplings • Material data • Technical sound sources (properties) • Sound field visualisation (for verification)
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** **Fachkompetenz:** Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • Schallausbreitungsvorgänge in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen mathematisch zu beschreiben und mittels analytischer oder numerischer Simulation zu analysieren. **Fachübergreifende Kompetenzen:** Die Studierenden • können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen, • können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten, • sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.

Domain competence:
After attending the course, students are able to

- describe sound propagation processes in solids, liquids and gases mathematically and analyse them by means of analytical or numerical simulation.

Key qualifications:
The Students

- can apply the acquired knowledge and skills in an interdisciplinary manner and with complex issues,
- are able to develop targeted solutions based on systematic problem analysis,
- are capable of familiarising themselves with relevant fields of work due to the method-oriented knowledge transfer.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Keine

None

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

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

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

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

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

	The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Bernd Henning
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Technische Akustik:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://emt.upb.de` **Methodische Umsetzung** • Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge, • Praktische Arbeit in Gruppen mittels Messtechnik im Labor **Lernmaterialien, Literaturangaben** • Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben. *Remarks of course Technische Akustik:* **Course Homepage** `http://emt.upb.de` **Implementation** • Lectures with slide presentation of extensive contexts, • Practical work in groups using measurement techniques in the laboratory **Teaching Material, Literature** • Provision of a script; references to textbooks from the textbook collection will be announced.

Ultraschallmesstechnik			
Ultrasonic measurement technology			
Modulnummer / Module number: M.048.27015	**Workload (h):** 180	**Leistungspunkte / Credits:** 6	**Turnus / Regular Cycle:** Sommersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 1	**Sprache / Teaching Language:** de

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.27015 Ultraschallmesstechnik	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.27015 Ultrasonic Measurement Technology	2L 2Ex, SS	60	120	C	40/40

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

Keine

None

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik:
Keine

None

Prerequisites of course Ultraschallmesstechnik:
None

4	**Inhalte / Contents:** *Inhalte der Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik:* **Kurzbeschreibung** 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. **Inhalt** Die Vorlesung Ultraschallmesstechnik behandelt folgende Themen: • Akustische und Schallfeldkenngrößen • Grundlagen der Wellenausbreitung • Ultraschallsensordesign (experimentelle Realisierung) • Methoden zur Messung und Visualisierung von Ultraschallfeldern (Nadel- und Membranhydrophon, Schlierenmessplatz, Laservibrometrie. . .) • Messtechnische Methoden zur akustischen Materialdatenbestimmung (Schallgeschwindigkeit, Schallkennimpedanz. . .) • Anwendung von Ultraschall zur Zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (NDT) und Schallemissionsanalyse • Anwendung von Ultraschall und in der Prozessmesstechnik (Abstand, Durchfluss, Füllstand. . .) *Contents of the course Ultraschallmesstechnik:* **Short description** The course Ultrasonic Measurement Technology deals with the phenomena of propagation of mechanical waves in solids, liquids and gases. Based on this the most important acoustic measurement principles for the determination of acoustic material parameters, geometric and technical process parameters as well as their application in process and production engineering are described. The application of sound and ultrasound for non-destructive material diagnostics as well as for ultrasonic tomography are covered in detail. **Contents** The Ultrasonic Metrology lecture covers the following topics: • Acoustic and sound field characteristics. • Fundamentals of wave propagation • Ultrasonic sensor design (experimental realization) • Methods for measurement and visualization of ultrasonic fields (needle and membrane hydrophone, schlieren measuring station, laser vibrometry. . .) • Metrological methods for acoustic material data determination (sound velocity, sound characteristic impedance. . .) • Application of ultrasound for non-destructive testing (NDT) and acoustic emission analysis • Application of ultrasound and in process measurement technology (distance, flow, level. . .)

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

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

- Ultraschall einzusetzen, um akustische und nicht akustische Größen damit zu bestimmen.

Fachübergreifende Kompetenzen:
Die Studierenden

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

Specialized competence:
After attending the course, students will be able to,

- use ultrasound to determine acoustic and non-acoustic quantities.

Cross-disciplinary competencies:
The students

- are able to apply the knowledge and skills across disciplines and to complex problems,
- are able to develop targeted solutions on the basis of systematic problem analysis,
- are able to familiarize themselves with tangential fields of work due to the method-oriented knowledge transfer.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

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

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Written or Oral Examination or Presentation	120-180 min or 30-45 min or 30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** BF Automatisierungstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Prof. Dr. Bernd Henning
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** *Hinweise der Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik:* **Lehrveranstaltungsseite** `http://emt.upb.de` **Methodische Umsetzung** • Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge • Praktische Arbeit in Gruppen mittels Messtechnik im Labor **Lernmaterialien, Literaturangaben** • Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

Remarks of course Ultraschallmesstechnik:
Course Homepage
`http://emt.upb.de`
Methodical implementation

- Lectures with slide presentation of extensive correlations
- Practical work in groups using measurement techniques in the laboratory

Learning materials, references

- Provision of a script; references to textbooks from the textbook collection will be announced.

3 Projektarbeit

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

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

3.1 Halbjahresprojekt

Projektarbeit I, Projektarbeit II (EMA v4)			
Project I, Project II			
Modulnummer / **Module number:** M.048.28001 - M.048.28499	**Workload (h):** 270	**Leistungspunkte** / **Credits:** 9	**Turnus** / **Regular Cycle:** Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / **Semester number:** 2.-3. Semester	**Dauer (in Sem.)** / **Duration (in sem.):** 1	**Sprache** / **Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur** / **Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.28001-28499 Projektname (Projekt)	6P, WS+SS	135	135	P	3

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.28001-28499 Project name (Project)	6P, WS+SS	135	135	C	3

2	**Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:** 1 aus n 1 of n
3	**Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:** Keine *Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Projektname (Projekt):* Keine None *Prerequisites of course Projektname (Projekt):* None
4	**Inhalte / Contents:** Projektgruppen arbeiten im Team an Aufgabenstellungen, die thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet sind. Diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen für den Projektbetrieb und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen. Project groups will be formed as teams to work on tasks where the relevant subjects are embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for project works and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.
5	**Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences:** 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. In the course of the project work students should practice independent, scientific and engineering processing of clearly defined theoretical and practical tasks within the team. This should enable them to solve complex problems as a team, while at the same time acquiring the capability for independent working as well as organizational skills. The students should also learn to formulate the research task, document the methods and analysis and present the findings of their work in a structured manner. Having completed the project work, the students will command in-depth technical competences in a selected area and understand the application relevance of their course contents.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	Referat	30 min	100%

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Presentation	30 min	100%

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

zu	**Form**	**Dauer bzw. Umfang**	**SL / QT**
a)	Referat	10-20 min	SL

zu	**Type of achievement**	**Duration or Scope**	**SL / QT**
a)	Presentation	10-20 min	AA

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

Keine, SL ist für EMA v5

None, AA is for EMA v5

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

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

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

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

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

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

11 **Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:**

Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b)

12 **Modulbeauftragte/r / Module coordinator:**

Dr.-Ing. Carsten Balewski

13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** Wechselnde Dozenten Changing lecturers

3.2 Jahresprojekt

Projektarbeit (EMA v4)			
Project			
Modulnummer / Module number: M.048.28501 - M.048.28999	**Workload (h):** 540	**Leistungspunkte / Credits:** 18	**Turnus / Regular Cycle:** Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 2.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 2	**Sprache / Teaching Language:** en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	**Lehr-form**	**Kontakt-zeit (h)**	**Selbst-studium (h)**	**Status (P/WP)**	**Gruppen-größe (TN)**
a)	L.048.28501-28999 Projektname (Projekt)	12P, WS+SS	270	270	P	3

	Course	**form of teachin**	**contact-time (h)**	**self-study (h)**	**status (C/CE)**	**group size (TN)**
a)	L.048.28501-28999 Projct name (Project)	12P, WS+SS	270	270	C	3

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

1 aus n

1 of n

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Projektname (Projekt):
Keine

None

Prerequisites of course Projektname (Projekt):
None

4 **Inhalte / Contents:**

Projektgruppen arbeiten im Team an Aufgabenstellungen, die thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet sind. Diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen für den Projektbetrieb und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen.

Project groups will be formed as teams to work on tasks where the relevant subjects are embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for project works and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.

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

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.

In the course of the project work students should practice independent, scientific and engineering processing of clearly defined theoretical and practical tasks within the team. This should enable them to solve complex problems as a team, while at the same time acquiring the capability for independent working as well as organizational skills. The students should also learn to formulate the research task, document the methods and analysis and present the findings of their work in a structured manner. Having completed the project work, the students will command in-depth technical competences in a selected area and understand the application relevance of their course contents.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
a)	Referat	30 min	100%

☒Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**
a)	Presentation	30 min	100%

<table>
<tr><td>7</td><td>Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:
<table>
<tr><th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Referat</td><td>10-20 min</td><td>SL</td></tr>
</table>
<table>
<tr><th>zu</th><th>Type of achievement</th><th>Duration or Scope</th><th>SL / QT</th></tr>
<tr><td>a)</td><td>Presentation</td><td>10-20 min</td><td>AA</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>8</td><td>Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:
Keine, SL ist für EMA v4
None, AA is for EMA v4</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).
The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:
Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b)</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Modulbeauftragte/r / Module coordinator:
Dr.-Ing. Carsten Balewski</td></tr>
<tr><td>13</td><td>Sonstige Hinweise / Other Notes:
Wechselnde Dozenten
Changing lecturers</td></tr>
</table>

4 Studium Generale

Studium Generale - Master			
General Studies - Master			
Modulnummer / Module number: null	**Workload (h):** 360	**Leistungspunkte / Credits:** 12	**Turnus / Regular Cycle:** Sommer- / Wintersemester
	Studiensemester / Semester number: 1.-3. Semester	**Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):** 3	**Sprache / Teaching Language:** de / en

1 **Modulstruktur / Module structure:**

	Lehrveranstaltung	Lehr-form	Kontakt-zeit (h)	Selbst-studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen-größe (TN)

	Course	form of teachin	contact-time (h)	self-study (h)	status (C/CE)	group size (TN)

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

Beliebige Veranstaltungen außerhalb des Curriculums der Studiengänge Elektrotechnik können gewählt werden.

Any courses outside of the degree course electrical engineering may be chosen.

3 **Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:**

Keine

None

4 **Inhalte / Contents:**

Abhängig von den gewählten Module / Veranstaltungen.

Depending on the modules / courses chosen.

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

Die Studierenden erweitern ihren wissenschaftlichen Horizont über die Grenzen der Informatik und des gewählten Nebenfaches hinaus. Je nach gewählter Veranstaltung haben sie Kompetenzen im Bereich Kommunikationsfähigkeit, Teamarbeit und Präsentationstechniken erworben.
Nichtkognitive Kompetenzen

- Einsatz und Engagement
- Kooperationskompetenz
- Medienkompetenz
- Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich)
- Selbststeuerungskompetenz

Students expand their scientific horizons beyond the boundaries of computer science and their chosen minor. Depending on the chosen course, they have acquired competencies in communication skills, teamwork and presentation techniques.
Non-cognitive Skills

- Commitment
- Cooperation
- Media competence
- Literacy (scientific)
- Self-monitoring

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**

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

□Final module exam (MAP) □Module exam (MP) ⊠Partial module exams (MTP)

zu	**Type of examination**	**Duration or scope**	**Weighting for the module grade**

The responsible lecturer announces type and duration of assessment modalities in the first three weeks of the lecture period at latest.

7 **Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:**

keine

none

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

Abhängig von den gewählten Module / Veranstaltungen.

Depending on the modules / courses chosen.

9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** keine keine
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** null
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b)
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Carsten Balewski
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:**

5 Masterarbeit

5.1 Masterarbeit

<table>
<tr><th colspan="5">Masterarbeit</th></tr>
<tr><td colspan="5">Master thesis</td></tr>
<tr><td colspan="2">Modulnummer / Module number:
A.048.20001</td><td>Workload (h):
900</td><td>Leistungspunkte / Credits:
30</td><td>Turnus / Regular Cycle:
Sommer- / Wintersemester</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Studiensemester / Semester number:
4. Semester</td><td>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.):
1</td><td>Sprache / Teaching Language:
de / en</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="4">Modulstruktur / Module structure:
<table>
<tr><th></th><th>Lehrveranstaltung</th><th>Lehr-form</th><th>Kontakt-zeit (h)</th><th>Selbst-studium (h)</th><th>Status (P/WP)</th><th>Gruppen-größe (TN)</th></tr>
</table>
<table>
<tr><th></th><th>Course</th><th>form of teachin</th><th>contact-time (h)</th><th>self-study (h)</th><th>status (C/CE)</th><th>group size (TN)</th></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="4">Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module:
Keine
None</td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="4">Teilnahmevoraussetzungen / Admission requierements:
Keine
None</td></tr>
</table>

4 **Inhalte / Contents:**

Kurzbeschreibung
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.
Inhalt
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.

Short Description
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.
Contents
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.

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

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.

By completing the master thesis the graduates prove their capability to elaborate on a problem in electrical engineering within a defined period of time by applying scientific methods. The thesis will also serve to prove that the graduates are capable of applying competences acquired in the course of their studies, in particular technical-methodical competences and where applicable interdisciplinary competences.

6 **Prüfungsleistung / Assessments:**

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

zu	**Prüfungsform**	**Dauer bzw. Umfang**	**Gewichtung für die Modulnote**
	Masterarbeit		100%

	⊠Final module exam (MAP) □Module exam (MP) □Partial module exams (MTP)

zu	Type of examination	Duration or scope	Weighting for the module grade
	Master thesis		100%

7	**Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study Achievement:** keine none
8	**Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations:** Keine None
9	**Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten / Prerequisites for assigning credits:** Die Vergabe der Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.
10	**Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade:** Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).
11	**Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen oder Studiengangversionen / Reuse in degree courses or degree course versions:** Masterstudiengang Elektrotechnik v4 und v4b (EMA v4 und v4b)
12	**Modulbeauftragte/r / Module coordinator:** Dr.-Ing. Carsten Balewski
13	**Sonstige Hinweise / Other Notes:** Betreuung jeweils durch Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts Supervison by academic staff of the institute

6 Übersicht des Modulangebotes im Wintersemester

- A.048.20001 Masterarbeit 317
- M.048.21003 Theoretische Elektrotechnik 6
- M.048.210XX Statistische Signale 11
- M.048.22006 Leistungselektronik 50
- M.048.22007 Mensch-Haus-Umwelt 58
- M.048.22014 Energy Transition 37
- M.048.22016 Leistungselektronische Stromversorgungen 54
- M.048.22019 Modellierung von Energiesystemen 62
- M.048.22021 Geregelte Netzumrichter 280
- M.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel 121
- M.048.23020 Advanced Topics in Robotics 77
- M.048.23023 Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies 201
- M.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation 138
- M.048.24007 Hochfrequenztechnik 149
- M.048.24010 Optimale und Adaptive Filter 162
- M.048.24013 Feldberechnung mit der Randelementmethode 144
- M.048.24017 Topics in Signal Processing 173
- M.048.24020 Theory and Design of Phase-locked Loops 168
- M.048.24023 Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik 127
- M.048.25005 VLSI Testing 215
- M.048.25019 Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation . 205
- M.048.26005 Optische Nachrichtentechnik C 243
- M.048.26007 Fundamentals of Optics 225
- M.048.26010 Advanced Quantum Optics 220
- M.048.26012 Modern Semiconductor Lasers 229
- M.048.26013 Theory and Design of Integrated Photonic Devices 258
- M.048.27018 Advanced System Theory 263
- M.048.27022 Technische Akustik 298
- M.048.27031 Optimization-Based Control Methods 291
- M.048.28001 - M.048.28499 Projektarbeit I, Projektarbeit II (EMA v4) 307
- M.048.28501 - M.048.28999 Projektarbeit (EMA v4) 311
- M.079.4077 Data Science for Physics and Engineering 83
- M.104.7420 Datengetriebenes Ressourcenmanagement 21
- M.104.7422 Circular Economy 268
- M.104.7426 Sektorenkopplung und chemische Energiespeicher 68
- Studium Generale - Master 314

7 Übersicht des Modulangebotes im Sommersemester

- A.048.20001 Masterarbeit 317
- M.048.22003 Bauelemente der Leistungselektronik 30
- M.048.22013 Solar Electric Energy Systems 72
- M.048.22018 Energiesystemtechnik 34
- M.048.23002 Digital Image Processing I 88
- M.048.23010 Robotik 110
- M.048.23012 Statistical and Machine Learning 115
- M.048.23016 Digital Image Processing II 93
- M.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel 121
- M.048.24001 Digitale Sprachsignalverarbeitung 132
- M.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation 138
- M.048.24013 Feldberechnung mit der Randelementmethode 144
- M.048.24019 Optical Waveguide Theory 157
- M.048.24021 Information Theory 153
- M.048.24022 Wireless Communications 176
- M.048.24023 Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik 127
- M.048.25008 Analoge CMOS-Schaltkreise 188
- M.048.25017 Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation 192
- M.048.25021 Advanced VLSI Design 180
- M.048.26003 Optische Nachrichtentechnik A 233
- M.048.26004 Optische Nachrichtentechnik B 238
- M.048.26006 Optische Nachrichtentechnik D 248
- M.048.26007 Fundamentals of Optics 225
- M.048.26010 Advanced Quantum Optics 220
- M.048.26011 Optoelectronics 253
- M.048.27013 Regelung elektrischer Antriebe 276
- M.048.27015 Ultraschallmesstechnik 302
- M.048.27018 Advanced System Theory 263
- M.048.27028 Gekoppelte Felder 272
- M.048.27032 Nonlinear control of autonomous and robotic systems 287
- M.048.28001 - M.048.28499 Projektarbeit I, Projektarbeit II (EMA v4) 307
- M.048.28501 - M.048.28999 Projektarbeit (EMA v4) 311
- M.079.4010 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits 185
- M.104.7424 Industrienahe Nachhaltigkeitsthemen 284
- M.104.7428 Prozessdynamik und Prozessregelung 295
- Studium Generale - Master 314

8 Übersicht der Modulangebote in englischer Sprache

- A.048.20001 Master thesis 317
- M.048.210XX Statistical Signals 11
- M.048.22002 Intelligent Control of Electricity Grids ..... **??**
- M.048.22003 Power Electronic Devices 30
- M.048.22006 Power Electronics 50
- M.048.22013 Solar Electric Energy Systems 72
- M.048.22014 Energy Transition 37
- M.048.22020 Design of Energy Transition Scenarios ..... **??**
- M.048.23002 Digital Image Processing I 88
- M.048.23010 Robotics 110
- M.048.23012 Statistical and Machine Learning 115
- M.048.23016 Digital Image Processing II 93
- M.048.23018 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning ..... **??**
- M.048.23019 Cognitive Systems Engineering - Special Topics 121
- M.048.23020 Advanced Topics in Robotics 77
- M.048.23021 Topics in Audio, Speech and Language Processing ..... **??**
- M.048.23022 Reinforcement Learning ..... **??**
- M.048.23023 Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies 201
- M.048.24001 Digital Speech Signal Processing 132
- M.048.24007 High Frequency Engineering 149
- M.048.24010 Optimal and Adaptive Filters 162
- M.048.24017 Topics in Signal Processing 173
- M.048.24018 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method . **??**
- M.048.24019 Optical Waveguide Theory 157
- M.048.24020 Theory and Design of Phase-locked Loops 168
- M.048.24021 Information Theory 153
- M.048.24022 Wireless Communications 176
- M.048.25005 VLSI Testing 215
- M.048.25008 Analog CMOS ICs 188
- M.048.25015 Radio Frequency Power Amplifiers ..... **??**
- M.048.25016 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip ..... **??**
- M.048.25017 Integrated Circuits for Wireless Communications 192
- M.048.25019 Fast Integrated Circuits for Wireline Communications 205
- M.048.25021 Advanced VLSI Design 180
- M.048.25025 Embedded System Modeling and Design ..... **??**
- M.048.26001 High-Frequency Electronics ..... **??**
- M.048.26003 Optical Communication A 233
- M.048.26004 Optical Communication B 238

- M.048.26005 Optical Communication C 243
- M.048.26006 Optical Communication D 248
- M.048.26007 Fundamentals of Optics 225
- M.048.26010 Advanced Quantum Optics 220
- M.048.26011 Optoelectronics 253
- M.048.26012 Modern Semiconductor Lasers 229
- M.048.26013 Theory and Design of Integrated Photonic Devices 258
- M.048.27001 Advanced Control ..... **??**
- M.048.27013 Control of Electric Drives 276
- M.048.27018 Advanced System Theory 263
- M.048.27027 Topics in Automatic Control ..... **??**
- M.048.27030 Topics in Advanced Control ..... **??**
- M.048.27031 Optimization-Based Control Methods 291
- M.048.27032 Nonlinear control of autonomous and robotic systems 287
- M.048.28001 - M.048.28499 Project I, Project II 307
- M.048.28501 - M.048.28999 Project 311
- M.079.4010 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits 185
- M.079.4077 Data Science for Physics and Engineering 83
- General Studies - Master 314

Erzeugt am 8. September 2026 um 14:48.