

## **AMTLICHE MITTEILUNGEN**

**VERKÜNDUNGSBLATT DER UNIVERSITÄT PADERBORN AM.UNI.PB**

**AUSGABE 55.17 VOM 16. JUNI 2017**

---

## **PRÜFUNGSORDNUNG FÜR DEN MASTERSTUDIENGANG ELEKTROTECHNIK DER FAKULTÄT FÜR ELEKTROTECHNIK, INFORMATIK UND MATHEMATIK AN DER UNIVERSITÄT PADERBORN**

**VOM 16. JUNI 2017**

**Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Elektrotechnik an der Fakultät für Elektrotechnik,  
Informatik und Mathematik an der Universität Paderborn**

**vom 16. Juni 2017**

Aufgrund des § 2 Abs. 4 und des § 64 Abs. 1 des Gesetzes über die Hochschulen des Landes Nordrhein-Westfalen (Hochschulgesetz – HG) vom 16. September 2014 (GV.NRW. S. 547), zuletzt geändert durch Gesetz vom 15. Dezember 2016 (GV. NRW. S. 1154), hat die Universität Paderborn folgende Prüfungsordnung erlassen:

**Inhalt**

I. Allgemeines.....	3
§ 1 Zweck der Prüfungen, Ziel und Dauer des Studiums.....	3
§ 2 Akademischer Grad.....	3
§ 3 Studienbeginn.....	3
§ 4 Zugangsvoraussetzungen.....	3
§ 5 Regelstudienzeit und Studiumumfang.....	4
§ 6 Module.....	5
§ 7 Anerkennung von Leistungen.....	5
II. Prüfungsorganisation.....	6
§ 8 Prüfungsausschuss.....	6
§ 9 Prüfende und Beisitzende.....	7
III. Prüfungen.....	8
§ 10 Ziel, Umfang und Art der Masterprüfung.....	8
§ 11 Zulassung zur Masterprüfung.....	9
§ 12 Anmeldung und Prüfungsfristen.....	10
§ 13 Abschluss eines Moduls.....	10
§ 14 Prüfungsleistungen in den Modulen.....	10
§ 15 Formen der Prüfungsleistungserbringung in den Modulen.....	11
§ 16 Bewertung von Leistungen in den Modulen.....	12
§ 17 Masterarbeit.....	13
§ 18 Annahme und Bewertung der Masterarbeit.....	14
§ 19 Bewertung der Masterprüfung und Bildung der Gesamtnote.....	14
§ 20 Wiederholung von Leistungen.....	15
§ 21 Versäumnis, Rücktritt, Täuschung, Ordnungsverstoß, Schutzvorschriften und Studierende mit Familienaufgaben.....	15
§ 22 Erfolgreicher Abschluss des Studiums, endgültiges Nichtbestehen.....	17
§ 23 Zeugnis, Transcript of Records und Diploma Supplement.....	18
§ 24 Masterurkunde.....	18
§ 25 Einsicht in die Prüfungsakten.....	18
III. Schlussbestimmungen.....	19
§ 26 Ungültigkeit der Masterprüfung.....	19
§ 27 Aberkennung des Mastergrades.....	19
§ 28 Übergangsbestimmungen.....	20
§ 29 Inkrafttreten und Veröffentlichung.....	20
Anhang.....	21
Anhang I: Studienplan.....	21
Anhang II: Modulliste.....	22
Anhang III: Veranstaltungen im Bereich des Studium Generale.....	25
Anhang IV: Modulbeschreibungen.....	25

## I. Allgemeines

### § 1

#### Zweck der Prüfungen, Ziel und Dauer des Studiums

- (1) Die Masterprüfung bildet einen zweiten berufsqualifizierenden Abschluss des Studiums der Elektrotechnik. Das Masterstudium hat eine Regelstudienzeit von vier Semestern.
- (2) Durch die Masterprüfung soll festgestellt werden, ob die Studierenden die in einem vorangegangenen Bachelorstudiengang erworbenen für die Berufspraxis notwendigen Kenntnisse erweitert und in ausgewählten Bereichen vertieft haben, so dass sie die Fähigkeit besitzen, zur Problemlösung geeignete wissenschaftliche Methoden der Elektrotechnik anzuwenden und in ihrem Vertiefungsgebiet weiterzuentwickeln.
- (3) Das Studium vermittelt den Studierenden neben den allgemeinen Studienzielen des § 58 HG die Fähigkeit, in ihrer Arbeit die wissenschaftlichen Methoden der Elektrotechnik anzuwenden und weiter zu entwickeln und im Hinblick auf die Auswirkungen des technologischen Wandels verantwortlich zu handeln.

### § 2

#### Akademischer Grad

Ist das Masterstudium erfolgreich abgeschlossen, verleiht die Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik den akademischen Grad „Master of Science“, abgekürzt: „M.Sc.“

### § 3

#### Studienbeginn

Studienbeginn ist das Wintersemester oder das Sommersemester.

### § 4

#### Zugangsvoraussetzungen

- (1) In den Masterstudiengang Elektrotechnik kann nur eingeschrieben werden, wer kumulativ
  1. das Zeugnis der Hochschulreife (allgemeine oder einschlägig fachgebundene) oder nach Maßgabe einer Rechtsverordnung das Zeugnis der Fachhochschulreife oder einen durch Rechtsvorschrift oder von der zuständigen staatlichen Stelle als gleichwertig anerkannten Vorbildungsnachweis oder die Voraussetzungen für in der beruflichen Bildung Qualifizierte besitzt oder die Voraussetzungen der Bildungsausländerhochschulzugangsverordnung erfüllt.
  2. einen Studienabschluss besitzt, der nachfolgende Voraussetzungen erfüllt:
    - a) Es muss sich um einen ersten berufsqualifizierenden Hochschulabschluss mit einer Regelstudienzeit von mindestens sechs Semestern der Universität Paderborn oder einer staatlichen oder staatlich anerkannten Hochschule oder einer staatlichen oder staatlich anerkannten Berufsakademie handeln. Studienabschlüsse einer ausländischen staatlichen oder staatlich anerkannten Hochschule eröffnen den Zugang, sofern hinsichtlich der erworbenen Kompetenzen kein wesentlicher Unterschied zu einem Studienabschluss der Universität Paderborn nach Satz 1 besteht. Für ausländische Bildungsabschlüsse sind die von der Kultusministerkonferenz und der

Hochschulrektorenkonferenz gebilligten Äquivalenzvereinbarungen oder entsprechende gesetzliche Regelungen zu berücksichtigen. Soweit Vereinbarungen und Abkommen der Bundesrepublik Deutschland mit anderen Staaten über die Gleichwertigkeit im Hochschulbereich (Äquivalenzabkommen) Studierende ausländischer Staaten abweichend von Satz 2 begünstigen, gehen die Regelungen der Äquivalenzabkommen vor. Im Übrigen soll bei Zweifeln über das Vorliegen oder Nichtvorliegen wesentlicher Unterschiede die Zentralstelle für ausländisches Bildungswesen gehört werden. Die Feststellung über die Voraussetzungen nach Satz 2 trifft der Prüfungsausschuss.

b) Der Studienabschluss muss Studienanteile in den folgenden Bereichen beinhalten:

Höhere Mathematik – mindestens 24 LP

Signaltheorie – mindestens 4 LP

Systemtheorie – mindestens 4 LP

Feldtheorie – mindestens 5 LP

Elektromagnetische Wellen – mindestens 5 LP

Die Feststellung über die Voraussetzungen trifft der Prüfungsausschuss. Fehlen Leistungspunkte, so kann die Einschreibung mit der Auflage erfolgen, die Anforderungen durch angemessene Studien nachzuholen und durch das Bestehen zugehöriger Prüfungen bis zur Meldung zur Masterarbeit nachzuweisen. Die Entscheidung hierüber sowie über Art und Umfang der Studien und Prüfungen trifft der Prüfungsausschuss auf der Grundlage des vorangegangenen Studienabschlusses. Die fehlenden und nachzuholenden Studien dürfen 30 Leistungspunkte nicht überschreiten. Die Studien und Prüfungen sollten im ersten Semester des Masterstudiengangs erbracht werden.

(2) Die Einschreibung ist abzulehnen, wenn

1. die in Absatz 1 genannten Voraussetzungen nicht vorliegen oder
2. die Kandidatin bzw. der Kandidat eine nach der Prüfungsordnung erforderliche Prüfung in dem gewünschten Studiengang an einer Hochschule im Geltungsbereich des Grundgesetzes endgültig nicht bestanden hat oder
3. die Kandidatin bzw. der Kandidat sonst eine nach der Prüfungsordnung erforderliche Prüfung in einem Studiengang an einer Hochschule im Geltungsbereich des Grundgesetzes endgültig nicht bestanden hat, wenn sowohl der erfolglose Studiengang eine erhebliche inhaltliche Nähe zum Masterstudiengang Elektrotechnik der Universität Paderborn aufweist als auch die endgültig nicht bestandene Prüfung eine erhebliche inhaltliche Nähe zu einer Prüfung eines Pflichtmoduls des Masterstudiengangs Elektrotechnik der Universität Paderborn aufweist. Die Feststellung über erhebliche inhaltliche Nähe trifft der Prüfungsausschuss.

## § 5

### Regelstudienzeit und Studienumfang

- (1) Die Regelstudienzeit beträgt für das Masterstudium einschließlich der Masterprüfung vier Semester. Der Gesamtarbeitsaufwand (Workload) für die Studierenden entspricht einschließlich der Masterarbeit 120 Leistungspunkten (LP) bzw. 3.600 Stunden.
- (2) Das Studium umfasst die Masterarbeit und Module mit einem Gesamtumfang von 120 Leistungspunkten, darunter zwei Pflichtmodule im Umfang von je 6 Leistungspunkten, acht Wahlpflichtmodule im Umfang von je 6 Leistungspunkten und das Studium Generale im Umfang von 12 Leistungspunkten. Darüber hinaus sind entweder zwei Projektarbeiten (Semesterprojekte) oder eine Projektarbeit (Jahresprojekt) im Umfang von 18 Leistungspunkten anzufertigen und die Masterarbeit, die einem Umfang von 30 Leistungspunkten entspricht.

- (3) Leistungspunkte entsprechen den im Rahmen des European Credit Transfer Systems (ECTS) zu vergebenden Punktzahlen. Ein Leistungspunkt entspricht einer Arbeitsbelastung von durchschnittlich 30 Stunden. Ein Semester umfasst in der Regel 30 LP und somit einen Arbeitsaufwand von 900 Stunden.
- (4) Die Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik hat auf der Grundlage dieser Prüfungsordnung einen beispielhaften Stundenplan und Modulbeschreibungen in einem Modulhandbuch erstellt. Diese Unterlagen geben insbesondere Aufschluss über die Ziele der einzelnen Module und der den Modulen zugeordneten Lehrveranstaltungen, sowie über die notwendigen Vorkenntnisse und die Inhalte. Der beispielhafte Studienplan, die Modullisten und das Modulhandbuch liegen dieser Prüfungsordnung als Anlage bei. Das Modulhandbuch gibt den aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Beschlussfassung über die Prüfungsordnung wieder. Das Modulhandbuch wird regelmäßig aktualisiert und auf den Internetseiten des Institutes für Elektrotechnik und Informationstechnik veröffentlicht.
- (5) Die in dem Modulhandbuch beschriebenen Studieninhalte sind so ausgewählt und begrenzt, dass das Studium in der Regelstudienzeit abgeschlossen werden kann.
- (6) Im Masterstudium ist für das Studium Generale ein Umfang von 12 Leistungspunkten vorgesehen. Das Lehrangebot der Universität im Bereich des Studium Generale ist im Vorlesungsverzeichnis gesondert ausgewiesen. Zu den Lehrveranstaltungen siehe auch Anhang III.

## **§ 6 Module**

- (1) Der Masterstudiengang Elektrotechnik wird in modularisierter Form angeboten. Module sind thematisch und zeitlich abgerundete, in sich abgeschlossene und mit Leistungspunkten versehene, prüfbare eigenständige Qualifikationseinheiten. Module haben einen Umfang von 6-18 LP und können in der Regel innerhalb von zwei Semestern abgeschlossen werden.
- (2) Ein Modul kann Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen enthalten. Enthält ein Modul Wahlpflichtveranstaltungen, werden diese aus einem Veranstaltungskatalog gewählt, der Teil der Modulbeschreibung ist.

## **§ 7 Anerkennung von Leistungen**

- (1) Leistungen, die in anderen Studiengängen oder in Studiengängen an anderen staatlichen oder staatlich anerkannten Hochschulen, an staatlichen oder staatlich anerkannten Berufsakademien oder in Studiengängen an ausländischen staatlichen oder staatlich anerkannten Hochschulen erbracht worden sind, werden auf Antrag anerkannt, sofern hinsichtlich der erworbenen Kompetenzen kein wesentlicher Unterschied zu den Leistungen besteht, die ersetzt werden. Dabei ist kein schematischer Vergleich, sondern eine Gesamtbetrachtung im Hinblick auf den Anerkennungszweck der Fortsetzung des Studiums und des Ablegens von Prüfungen vorzunehmen. Für die Anerkennung von Leistungen in staatlich anerkannten Fernstudien oder in vom Land Nordrhein-Westfalen im Zusammenhang mit den anderen Ländern und dem Bund entwickelten Fernstudieneinheiten gelten Satz 1 und 2 entsprechend.
- (2) Für die Anerkennung von Leistungen an ausländischen Hochschulen sind die von der Kultusministerkonferenz und der Hochschulrektorenkonferenz gebilligten Äquivalenzvereinbarungen sowie Absprachen im Rahmen von Hochschulpartnerschaften zu beachten. Soweit Vereinbarungen und Abkommen der Bundesrepublik Deutschland mit anderen Staaten über Gleichwertigkeiten im Hochschulbereich (Äquivalenzabkommen) Studierende ausländischer

Staaten abweichend von Absatz 1 begünstigen, gehen die Regelungen der Äquivalenzabkommen vor. Im Übrigen kann bei Zweifeln über das Vorliegen oder Nichtvorliegen wesentlicher Unterschiede die Zentralstelle für ausländisches Bildungswesen gehört werden.

- (3) Auf der Grundlage der Anerkennung nach Abs. 1 muss der Prüfungsausschuss auf Antrag des Studierenden in ein Fachsemester einstufen.
- (4) Studienbewerberinnen und Studienbewerber, die aufgrund einer Einstufungsprüfung gemäß § 49 Abs. 12 HG berechtigt sind, das Studium aufzunehmen, werden die in der Einstufungsprüfung nachgewiesenen Kenntnisse und Fähigkeiten auf Leistungen anerkannt. Die Feststellungen im Zeugnis über die Einstufungsprüfung sind für den Prüfungsausschuss bindend.
- (5) Auf Antrag können vom Prüfungsausschuss sonstige Kenntnisse und Qualifikationen auf der Grundlage vorgelegter Unterlagen anerkannt werden, wenn diese Kenntnisse und Qualifikationen den Leistungen, die sie ersetzen sollen, nach Inhalt und Niveau gleichwertig sind.
- (6) Zuständig für die Anerkennungen nach den Absätzen 1 und 5 ist der Prüfungsausschuss. Vor Feststellungen über das Vorliegen oder Nichtvorliegen wesentlicher Unterschiede oder über die Gleichwertigkeit sind zuständige Fachvertreterinnen oder Fachvertreter zu hören. Wird die Anerkennung versagt, ist dies zu begründen.
- (7) Die antragstellende Person hat die für die Anerkennung erforderlichen Informationen (insbesondere die durch die Leistungen erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten und die Prüfungsergebnisse) in der vom Prüfungsausschuss festgelegten Form vorzulegen. Der Prüfungsausschuss hat über Anträge nach Absatz 1 spätestens innerhalb von zehn Wochen nach vollständiger Vorlage aller entscheidungserheblichen Informationen zu entscheiden.
- (8) Die Anerkennung wird im Zeugnis gekennzeichnet. Werden Leistungen anerkannt, sind die Noten, soweit die Bewertungssysteme vergleichbar sind, gegebenenfalls nach Umrechnung zu übernehmen und in die jeweilige Notenberechnung einzubeziehen. Ist keine Note vorhanden oder sind die Bewertungssysteme nicht vergleichbar, wird der Vermerk „bestanden“ aufgenommen.
- (9) Eine Leistung kann nur einmal anerkannt werden. Dies gilt auch für die Anerkennung sonstiger Kenntnisse und Qualifikationen.

## II. Prüfungsorganisation

### § 8

#### Prüfungsausschuss

- (1) Der Fakultätsrat der Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik bildet für den Masterstudiengang Elektrotechnik einen Prüfungsausschuss. Er ist insbesondere zuständig für
  - die Organisation der Prüfungen und die Überwachung ihrer Durchführung,
  - die Einhaltung der Prüfungsordnung und die Beachtung der für die Durchführung der Prüfungen beschlossenen Verfahrensregelungen,
  - die Entscheidungen über Widersprüche gegen in Prüfungsverfahren getroffene Entscheidungen,
  - die Abfassung eines jährlichen Berichts an den Fakultätsrat über die Entwicklung der Prüfungen und Studienzeiten,
  - die weiteren durch diese Ordnung dem Prüfungsausschuss ausdrücklich zugewiesenen Aufgaben.

Darüber hinaus gibt der Prüfungsausschuss Anregungen zur Reform der Prüfungsordnung und legt die Verteilung der Noten offen. Der bzw. dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses sind bestimmte Aufgaben durch diese Ordnung zugewiesen. Darüber hinaus kann der Prüfungsausschuss die Erledigung von Angelegenheiten, die keine grundsätzliche Bedeutung haben, auf die Vorsitzende bzw. den Vorsitzenden übertragen; dies gilt nicht für Entscheidungen über Widersprüche und den jährlichen Bericht. Die bzw. der Vorsitzende berichtet dem Prüfungsausschuss über die von ihr bzw. ihm allein getroffenen Entscheidungen. Der Prüfungsausschuss und die bzw. der Vorsitzende des Prüfungsausschusses werden vom Prüfungssekretariat unterstützt.

- (2) Der Prüfungsausschuss besteht aus der bzw. dem Vorsitzenden, der bzw. dem stellvertretenden Vorsitzenden und fünf weiteren Mitgliedern. Auf Vorschlag der jeweiligen Gruppe werden die bzw. der Vorsitzende, die bzw. der stellvertretende Vorsitzende und zwei weitere Mitglieder aus der Gruppe der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer, ein Mitglied aus der Gruppe der akademischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und zwei Mitglieder aus der Gruppe der Studierenden von ihren jeweiligen Vertreterinnen und Vertretern im Fakultätsrat gewählt. Entsprechend werden für die Mitglieder des Prüfungsausschusses mit Ausnahme der oder des Vorsitzenden und der oder des stellvertretenden Vorsitzenden Vertreterinnen und Vertreter gewählt. Die Amtszeit der Mitglieder und Vertreterinnen und Vertreter aus der Gruppe der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer und der akademischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beträgt zwei Jahre und läuft vom 01. Oktober des Wahljahres bis zum 30. September des übernächsten Jahres und entspricht damit der Wahlperiode des Fakultätsrates. Die Amtszeit der Studierenden beträgt ein Jahr und läuft vom 01. Oktober des Wahljahres bis zum 30. September des nächsten Jahres. Wiederwahl ist zulässig. Die Regelungen zur geschlechtergerechten Zusammensetzung gemäß § 11c HG sind zu beachten.
- (3) Der Prüfungsausschuss ist Behörde im Sinne des Verwaltungsverfahrens- und des Verwaltungsprozessrechts.
- (4) Der Prüfungsausschuss ist beschlussfähig, wenn neben der bzw. dem Vorsitzenden oder der bzw. dem stellvertretenden Vorsitzenden und zwei weiteren Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrern mindestens ein weiteres stimmberechtigtes Mitglied anwesend ist. Der Prüfungsausschuss beschließt mit einfacher Mehrheit. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme der bzw. des Vorsitzenden. Die studentischen Mitglieder des Prüfungsausschusses haben bei pädagogisch-wissenschaftlichen Entscheidungen, insbesondere bei der Beurteilung oder Anerkennung von Leistungen, nur beratende Stimme.
- (5) Der Prüfungsausschuss wird von der bzw. dem Vorsitzenden einberufen. Die Einberufung muss erfolgen, wenn mindestens drei Mitglieder dieses verlangen.
- (6) Die Sitzungen des Prüfungsausschusses sind nicht öffentlich. Die Mitglieder des Prüfungsausschusses, ihre Stellvertreterinnen und Stellvertreter, die Prüfenden und die Beisitzenden unterliegen der Amtsverschwiegenheit. Sofern sie nicht im öffentlichen Dienst stehen, sind sie durch die Vorsitzende bzw. den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zur Verschwiegenheit zu verpflichten.
- (7) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses haben das Recht, der Abnahme der Prüfungen beizuwohnen.

## § 9

### Prüfende und Beisitzende

- (1) Die bzw. der Vorsitzende des Prüfungsausschusses bestellt die Prüfenden und Beisitzenden. Prüfende sind alle selbständig Lehrenden der Veranstaltungen, in denen nach Maßgabe des

Curriculums und der Modulbeschreibungen Prüfungsleistungen erbracht werden können. Als Beisitzerin bzw. Beisitzer kann bestellt werden, wer mindestens die entsprechende Bachelorprüfung oder eine vergleichbare Prüfung abgelegt hat.

- (2) Die Prüfenden sind in ihrer Prüfungstätigkeit unabhängig.
- (3) Die Kandidatin bzw. der Kandidat kann für die Masterarbeit und – wenn mehrere Prüfende zur Auswahl stehen – für die mündlichen Prüfungen Prüfende vorschlagen. Die Vorschläge der Kandidatin bzw. des Kandidaten sollen nach Möglichkeit Berücksichtigung finden. Daraus resultiert aber kein Rechtsanspruch.
- (4) Die bzw. der Vorsitzende des Prüfungsausschusses sorgt dafür, dass der Kandidatin bzw. dem Kandidaten die Namen der Prüfenden rechtzeitig, in der Regel vier, mindestens zwei Wochen vor dem Termin der jeweiligen Prüfung, im Campus Management System bekannt gegeben werden.

### III. Prüfungen

#### § 10

#### Ziel, Umfang und Art der Masterprüfung

- (1) Die Masterprüfung besteht aus den Prüfungsleistungen, die in den Modulen zu erbringen sind sowie aus der Masterarbeit. Die Masterprüfung erstreckt sich auf die folgenden Gebiete:
  1. Theoretische Elektrotechnik
  2. Statistische Signale
  3. Zwei Wahlpflichtmodule aus einem ersten von sechs Katalogen
  4. Zwei Wahlpflichtmodule aus einem zweiten von sechs Katalogen
  5. Zwei Wahlpflichtmodule aus einem dritten von sechs Katalogen
  6. Zwei weitere Wahlpflichtmodule aus einem der gemäß 3. bis 5. gewählten Kataloge.
  7. Studium Generale

Zum Studium Generale siehe auch § 5 Abs. 6 und Anhang III. Die gewählten Veranstaltungen in Modul Studium Generale dürfen nicht aus elektrotechnischen Gebieten stammen.

Auf Antrag kann der Prüfungsausschuss im Einzelfall eine Lehrveranstaltung eines Wahlpflichtmoduls für ein anderes Wahlpflichtmodul zulassen, wenn diese inhaltlich zum Themengebiet des Wahlpflichtmoduls passt.

- (2) Die Masterprüfung besteht aus
  1. zwei studienbegleitenden Pflichtmodulprüfungen über Inhalte von Modulen im Umfang von 12 Leistungspunkten,
  2. acht studienbegleitenden Wahlpflichtmodulprüfungen über Inhalte von Modulen im Umfang von 48 Leistungspunkten,
  3. Entweder der Anfertigung von zwei Projektarbeiten (Semesterprojekte) oder der Anfertigung von einer Projektarbeit (Jahresprojekt) im Umfang von insgesamt 18 Leistungspunkten,
  4. der Masterarbeit im Umfang von 30 Leistungspunkten einschließlich einer Abschlusspräsentation.



(3) Die Modulprüfungen gemäß Absatz 2 Nr. 1 bis 3 sind über folgende Module

1. Theoretische Elektrotechnik (6 Leistungspunkte)
2. Verarbeitung statistischer Signale oder Statistical Signal Processing (6 Leistungspunkte)
3. Zwei Wahlpflichtmodule aus einem ersten von sechs Katalogen (12 Leistungspunkte)
4. Zwei Wahlpflichtmodule aus einem zweiten von sechs Katalogen (12 Leistungspunkte)
5. Zwei Wahlpflichtmodule aus einem dritten von sechs Katalogen (12 Leistungspunkte)
6. Zwei weitere Fächer aus einem der Kataloge nach 3. bis 5. (12 Leistungspunkte)
7. Entweder zwei angefertigte Projektarbeiten (Semesterprojekte) oder eine angefertigte Projektarbeit (Jahresprojekt) (18 Leistungspunkte)

abzulegen und darüber hinaus ist der Nachweis über die qualifizierte Teilnahme an den gewählten Lehrveranstaltungen des Moduls Studium Generale (12 Leistungspunkte) zu erbringen.

Die Kataloge der Wahlpflichtmodule einschließlich näherer Regelungen zu den Formen der Prüfungen sind dieser Prüfungsordnung als Anhang II beigelegt.

## § 11

### Zulassung zur Masterprüfung

- (1) Zu den Prüfungen im Masterstudiengang Elektrotechnik kann nur zugelassen werden, wer für das Masterstudium Elektrotechnik an der Universität Paderborn eingeschrieben oder gemäß § 52 HG als Zweithörerin oder Zweithörer zugelassen ist. Auch während der Prüfungen müssen diese Voraussetzungen gegeben sein.
- (2) Nach Maßgabe verfügbarer Kapazitäten und auf Antrag beim Prüfungsausschuss können über Absatz 1 hinaus Studierende des Bachelorstudiengangs Elektrotechnik, die in ihrem Bachelorstudiengang bei abgeschlossenem ersten Studienabschnitt mindestens 152 abschlussrelevante Leistungspunkte erworben haben, für ein Semester zu Modulen des Masterstudiengangs Elektrotechnik im Umfang von maximal 30 Leistungspunkten zugelassen werden. Von der Regelung kann nur einmalig Gebrauch gemacht werden. Eine Wiederholung einer nichtbestandenem vorgezogenen Masterprüfung ist erst nach der Einschreibung in den Masterstudiengang Elektrotechnik möglich. Studierende haben keinen Anspruch darauf, zu einem späteren Zeitpunkt Zugang zum Masterstudiengang Elektrotechnik zu erhalten.
- (3) Zur Masterarbeit kann nur zugelassen werden, wer mindestens 45 Leistungspunkten erreicht hat und im Falle einer Einschreibung mit Auflagen gemäß § 4 Absatz 1 das Bestehen der zugehörigen Prüfungen nachgewiesen hat.
- (4) Die Meldung zur Masterarbeit ist schriftlich über das Zentrale Prüfungssekretariat an die bzw. den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zu stellen. Der Meldung ist der Nachweis über das Vorliegen der in Abs. 1 und Abs. 3 genannten Voraussetzungen beizufügen.
- (5) Die Zulassung ist abzulehnen, wenn die in Absätzen 3 und 4 genannten Voraussetzungen nicht erfüllt sind.

## **§ 12 Anmeldung und Prüfungsfristen**

- (1) Zu jedem Modul ist eine gesonderte Meldung im Campus Management System der Universität Paderborn erforderlich. Die Meldung kann nur erfolgen, soweit die Zulassungsvoraussetzungen erfüllt sind.
- (2) Zu jeder Prüfung ist eine gesonderte Meldung im Campus Management System der Universität Paderborn erforderlich. Die Meldung erfolgt innerhalb der im Campus Management System bekannt gegebenen Fristen. Die Prüfungen können abgelegt werden, sobald die für die Zulassung erforderlichen Leistungen nachgewiesen werden. Als Voraussetzung zur Teilnahme an Modulprüfungen können Studienleistungen vorgesehen werden. Näheres ist in Anhang II oder den Modulbeschreibungen geregelt.

## **§ 13 Abschluss eines Moduls**

- (1) Jedes Modul mit Ausnahme des Moduls Studium Generale wird durch eine Modulprüfung abgeschlossen. Die Modulprüfung findet im zeitlichen Zusammenhang mit dem Modul statt. Eine Modulprüfung besteht in der Regel aus einer Prüfung am Ende des Moduls (Modulabschlussprüfung). Die Modulprüfung kann aber auch aus mehreren Teilprüfungen (Modulteilprüfung) bestehen. Besteht ein Modul aus mehreren Teilprüfungen so muss jede Teilprüfung bestanden sein. Die Modulnote entspricht der in der Modulprüfung erreichten Note.
- (2) Leistungspunkte können nur erworben werden, wenn das Modul erfolgreich abgeschlossen worden ist. Ein Modul ist erfolgreich abgeschlossen, wenn die Modulabschlussprüfung bzw. alle Modulteilprüfungen mit mindestens „ausreichend“ bewertet wurden. Das Modul Studium Generale ist erfolgreich abgeschlossen, wenn die qualifizierte Teilnahme nachgewiesen wurde.

## **§ 14 Prüfungsleistungen in den Modulen**

- (1) In den Modulen mit Ausnahme des Moduls Studium Generale werden Prüfungsleistungen nach Maßgabe der Modulbeschreibungen erbracht. Die Noten der Modulprüfungen gehen in die Abschlussnote der Masterprüfung ein. Sie werden entsprechend der erworbenen Leistungspunkte gewichtet.
- (2) Sofern in den Modulbeschreibungen Rahmenvorgaben zu Form und/oder Dauer/Umfang von Prüfungsleistungen enthalten sind, setzt der Prüfungsausschuss im Benehmen mit dem Prüfenden fest, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist. In allen Lehrveranstaltungen wird spätestens in der dritten Woche nach Vorlesungsbeginn von den jeweiligen Lehrenden bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistungen erbracht werden können. Dies gilt entsprechend für den Nachweis der qualifizierten Teilnahme. Die Prüfungsleistungen beziehen sich jeweils auf die Inhalte und Kompetenzen der zugehörigen Lehrveranstaltungen.
- (3) Alle Prüfungen werden studienbegleitend abgelegt. Die Prüfungen finden in der Regel zweimal im Studienjahr statt.

## § 15

## Formen der Prüfungsleistungserbringung in den Modulen

- (1) Prüfungsleistungen können in Form von Klausuren, mündlichen Prüfungen, schriftlichen Hausarbeiten oder in anderen Formen erbracht werden. Die genaue Beschreibung der einzelnen Prüfungsleistungen geht aus Anhang II und den Modulbeschreibungen hervor. Die Bewertung ist den Studierenden außer bei mündlichen Prüfungen spätestens sechs Wochen nach Leistungserbringung im Campus Management System der Universität Paderborn bekannt zu geben.
- (2) Als Prüfungsleistungen werden unterschieden:
- a) Klausur:
    - In den Klausuren soll die Kandidatin bzw. der Kandidat nachweisen, dass sie bzw. er in einer vorgegebenen Zeit mit den von der bzw. dem Prüfenden zugelassenen Hilfsmitteln Probleme des Faches erkennen und mit geläufigen Methoden lösen kann. Eine Liste der zugelassenen Hilfsmittel ist gleichzeitig mit der Ankündigung des Prüfungstermins bekannt zu geben.
    - Jede Klausur wird von einer bzw. einem Prüfenden bewertet. Im Fall der letzten Wiederholungsprüfung wird die Bewertung von zwei Prüfenden vorgenommen.
    - Die Dauer einer Klausur richtet sich nach der Summe der Leistungspunkte des Moduls. Sie beträgt 90 bis 120 Minuten bei bis zu 5 Leistungspunkten und 120 bis 180 Minuten bei mehr als 5 Leistungspunkten.
  - b) Mündliche Prüfungen
    - In den mündlichen Prüfungen soll die Kandidatin bzw. der Kandidat nachweisen, dass sie bzw. er die Zusammenhänge des Prüfungsgebietes erkennt, spezielle Fragestellungen in diese Zusammenhänge einzuordnen und in vorgegebener Zeit Lösungen zu finden vermag.
    - Mündliche Prüfungen werden vor zwei Prüfenden (Kollegialprüfung) oder vor einer bzw. einem Prüfenden in Gegenwart einer bzw. eines sachkundigen Beisitzenden als Gruppenprüfungen oder als Einzelprüfungen abgelegt. In jedem Fall muss der als Prüfungsleistung zu bewertende Beitrag einer einzelnen Kandidatin bzw. eines einzelnen Kandidaten deutlich zu unterscheiden und zu bewerten sein. Vor der Festsetzung der Note beraten die Prüfenden bzw. hört die bzw. der Prüfende die Beisitzende bzw. den Beisitzenden in Abwesenheit der Kandidatin bzw. des Kandidaten. Im Fall der letzten Wiederholungsprüfung wird die Bewertung von zwei Prüfenden vorgenommen.
    - Die Dauer einer mündlichen Prüfung je Kandidatin bzw. Kandidat (auch einer mündlichen Ersatzprüfung nach § 20 Absatz 3) richtet sich nach der Summe der Leistungspunkte der zugrundeliegenden Module. Sie beträgt 20 bis 30 Minuten bei bis zu 5 Leistungspunkten und 30 bis 45 Minuten bei mehr als 5 Leistungspunkten. Bei Gruppenprüfungen verlängert sich die Gesamtprüfungsdauer entsprechend.
    - Die wesentlichen Gegenstände und Ergebnisse der Prüfung sind in einem Protokoll festzuhalten. Das Ergebnis der Prüfung ist der Kandidatin bzw. dem Kandidaten im Anschluss an die mündliche Prüfung durch den oder die Prüfenden bekanntzugeben.
    - Studierende, die sich in einem späteren Prüfungstermin der gleichen Prüfung unterziehen wollen, werden nach Maßgabe der räumlichen Verhältnisse als Zuhörende zugelassen, sofern nicht eine Kandidatin oder ein Kandidat widerspricht. Die Zulassung erstreckt sich nicht auf die Beratung und Bekanntgabe des Prüfungsergebnisses.
  - c) Ein *Referat* ist ein Vortrag von etwa 30 Minuten Dauer auf der Grundlage einer schriftlichen Ausarbeitung. Dabei sollen die Studierenden nachweisen, dass sie zur wissenschaftlichen Ausarbeitung eines Themas in der Lage sind und die Ergebnisse vortragen können.
  - d) Im Rahmen einer *schriftlichen Hausarbeit* wird in einem Umfang von etwa zehn DIN-A4-Seiten eine Aufgabe im thematischen Umfeld einer Lehrveranstaltung gegebenenfalls unter Zuhilfenahme einschlägiger Literatur sachgemäß bearbeitet und gelöst. Die Leistung kann auch

als Gruppenleistung erbracht werden, sofern eine individuelle Bewertung des Anteils eines jeden Gruppenmitglieds möglich ist.

- e) Im *Kolloquium* sollen die Studierenden nachweisen, dass sie im Gespräch von 20 bis 30 Minuten Dauer mit der bzw. dem Prüfenden und weiteren Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Kolloquiums fachliche Zusammenhänge erkennen und spezielle Fragestellungen in diesem Zusammenhang einordnen können.
  - f) In einer Projektarbeit bearbeiten die Studierenden alleine oder in einer Gruppe ein vom Lehrenden gegebenes Thema. Weitere Bestandteile einer Projektarbeit sind in der Regel die Dokumentation und die Präsentation der Arbeit und ihrer Ergebnisse im Umfang von 30 bis 45 min.
- (3) Eine *qualifizierte Teilnahme* liegt vor, wenn die erbrachten Leistungen erkennen lassen, dass eine mehr als nur oberflächliche Beschäftigung mit den Gegenständen, die einer Aufgabenstellung zugrunde lagen, stattgefunden hat.

## § 16

### Bewertung von Leistungen in den Modulen

- (1) Die Noten für die einzelnen Prüfungsleistungen werden von den jeweiligen Prüfenden festgelegt. Prüfungsleistungen sind mit einer der folgenden Noten zu bewerten:
- 1 = sehr gut: eine ausgezeichnete Leistung;
  - 2 = gut: eine Leistung, die erheblich über den durchschnittlichen Anforderungen liegt;
  - 3 = befriedigend: eine Leistung, die den durchschnittlichen Anforderungen genügt;
  - 4 = ausreichend: eine Leistung, die trotz ihrer Mängel den Anforderungen genügt;
  - 5 = mangelhaft: eine Leistung, die wegen erheblicher Mängel den Anforderungen nicht mehr genügt.
- (2) Zur differenzierten Bewertung können Zwischenwerte durch Absenken oder Anheben der einzelnen Note um 0,3 gebildet werden. Dabei sind die Zwischennoten 0,7; 4,3; 4,7 und 5,3 ausgeschlossen.
- (3) Wird eine Prüfungsleistung von mehreren Prüfenden bewertet, so wird die Note aus dem arithmetischen Mittel der Einzelnoten gebildet. Im Übrigen gelten Abs. 4 S. 2 und S. 3 entsprechend.
- (4) Setzt sich eine Modulnote aus mehreren Noten zusammen, ist gewichtet nach dem Workload der zugehörigen Lehrveranstaltung das arithmetische Mittel zu bilden. Das Ergebnis ist nach der ersten Dezimalstelle hinter dem Komma abzuschneiden. Die Note lautet:
- bei einem Durchschnitt bis einschließlich 1,5 = sehr gut,
  - bei einem Durchschnitt über 1,5 bis einschließlich 2,5 = gut,
  - bei einem Durchschnitt über 2,5 bis einschließlich 3,5 = befriedigend,
  - bei einem Durchschnitt über 3,5 bis einschließlich 4,0 = ausreichend,
  - bei einem Durchschnitt über 4,0 bis 5,0 = mangelhaft.
- (3) Studienleistungen werden mit „bestanden“ oder „nicht bestanden“ bewertet.
- (6) Qualifizierte Teilnahmen sind nachzuweisen.

## § 17 Masterarbeit

- (1) Die Masterarbeit ist eine Prüfungsarbeit, mit der der Masterstudiengang abgeschlossen wird. Sie soll zeigen, dass die Kandidatin bzw. der Kandidat die Fähigkeit besitzt, innerhalb einer bestimmten Frist ein Problem der Elektrotechnik nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Die Masterarbeit hat einen Umfang von 30 LP und soll einen Umfang von in der Regel nicht mehr als 120 DIN A4-Seiten haben. Die Aufgabenstellung soll so gestaltet werden, dass sie einem Arbeitsaufwand von 6 Monaten Vollzeitarbeit (inklusive Abschlusspräsentation) entspricht.
- (2) Die Masterarbeit wird von einer von der bzw. dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses bestellten Person mit Prüferqualifikation gestellt und betreut. Der Kandidatin oder dem Kandidaten ist Gelegenheit zu geben, Vorschläge für die Wahl der Themenerstellerin bzw. des Themenerstellers sowie für das Thema der Masterarbeit zu machen. Die Vorschläge begründen keinen Rechtsanspruch. Die Masterarbeit kann auch außerhalb der Universität Paderborn durchgeführt werden, wenn das Thema von einer in Satz 1 genannten Person gestellt und betreut wird.
- (3) Auf Antrag sorgt die bzw. der Vorsitzende des Prüfungsausschusses dafür, dass die Kandidatin bzw. der Kandidat rechtzeitig ein Thema für eine Masterarbeit erhält. Die Ausgabe des Themas erfolgt durch die bzw. den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses. Der Zeitpunkt der Vergabe ist beim Zentralen Prüfungssekretariat aktenkundig zu machen.
- (4) Die Masterarbeit 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 und die Anforderungen nach Absatz 1 erfüllt.
- (5) Das Thema, die Aufgabenstellung der Masterarbeit und die Form der Abschlusspräsentation werden der Kandidatin bzw. dem Kandidaten schriftlich mitgeteilt. Das Thema kann nur einmal und nur innerhalb des ersten Monats nach der Beginn zurückgegeben werden. Die Bearbeitungszeit beginnt mit der Vergabe des neuen Themas erneut. Im Einzelfall kann der Prüfungsausschuss auf begründeten Antrag der Kandidatin bzw. des Kandidaten die Bearbeitungszeit um höchstens sechs Wochen verlängern, wenn die Gründe hierfür mit dem Thema der Masterarbeit zusammenhängen und die bzw. der nach Abs. 2 zuständige Betreuende dies befürwortet.
- (6) Bei Erkrankung innerhalb der Bearbeitungszeit kann auf Antrag der Kandidatin bzw. des Kandidaten die Frist für die Abgabe der Masterarbeit um höchstens vier Wochen verlängert werden. Dazu ist die unverzügliche Vorlage eines ärztlichen Attestes erforderlich. Es reicht eine ärztliche Bescheinigung über das Bestehen der Prüfungsunfähigkeit aus. Bestehen zureichende tatsächliche Anhaltspunkte, die eine Prüfungsfähigkeit als wahrscheinlich annehmen oder einen anderen Nachweis als sachgerecht erscheinen lassen, kann eine ärztliche Bescheinigung einer Vertrauensärztin oder eines Vertrauensarztes der Universität Paderborn auf Kosten der Universität verlangt werden. Gibt der Prüfungsausschuss dem Antrag statt, wird dies der Kandidatin bzw. dem Kandidaten schriftlich mitgeteilt. Die Verlängerung entspricht der Krankheitszeit; sie zieht keine Verlängerung der Regelstudienzeit nach sich. Überschreitet die Dauer der Erkrankung vier Wochen, so kann die Kandidatin bzw. der Kandidat nach Wahl die Arbeit innerhalb der um vier Wochen verlängerten Frist beenden oder ein neues Thema beantragen. Lehnt der Prüfungsausschuss den Antrag ab, wird dies der Kandidatin bzw. dem Kandidaten ebenfalls schriftlich mitgeteilt.
- (7) Bei der Abgabe der Masterarbeit hat die Kandidatin bzw. der Kandidat schriftlich zu versichern, dass sie bzw. er die Arbeit – bei einer Gruppenarbeit den entsprechend gekennzeichneten Anteil

der Arbeit – selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen als Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht hat.

- (7) Die Masterarbeit darf nicht, auch nicht auszugsweise, für eine andere abgeschlossene Prüfung angefertigt worden sein.
- (8) Spätestens vier Wochen nach Abgabe der Masterarbeit müssen das Thema der Masterarbeit und ihre Ergebnisse in einer mündlichen Abschlusspräsentation (ca. 30-45 Minuten) oder einer schriftlichen Abschlusspräsentation (ca. 20 Seiten) vorgestellt werden. Der bzw. die Vorsitzende des Prüfungsausschusses legt im Benehmen mit den Prüfenden fest, wie die Abschlusspräsentation zu erbringen ist.

## § 18

### Annahme und Bewertung der Masterarbeit

- (1) Die Masterarbeit ist fristgemäß beim Zentralen Prüfungssekretariat in zweifacher Ausfertigung (maschinenschriftlich, gebunden und paginiert) abzugeben; der Abgabezeitpunkt ist aktenkundig zu machen. Bei Zustellung der Arbeit mit der Post ist der Zeitpunkt der Einlieferung bei der Post (Poststempel) maßgebend. Wird die Masterarbeit nicht fristgemäß abgeliefert, gilt sie als 1 mit „mangelhaft“ (5,0) bewertet.
- (2) Die Masterarbeit einschließlich der Abschlusspräsentation ist von zwei Prüfenden zu begutachten und zu bewerten. Zu den Prüfenden soll insbesondere zählen, wer das Thema gestellt hat. Die bzw. der zweite Prüfende wird von der bzw. dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses bestimmt. Die Kandidatin hat ein Vorschlagsrecht. Dies begründet jedoch keinen Rechtsanspruch. Eine Prüfende bzw. ein Prüfender muss hauptamtlich als Hochschullehrerin bzw. Hochschullehrer im Studienfach Elektrotechnik tätig sein.

Die einzelne Bewertung ist entsprechend § 16 Abs. 1 und 2 vorzunehmen und schriftlich zu begründen. .. Die Note für die Arbeit wird aus dem arithmetischen Mittel der Einzelbewertungen gebildet, sofern die Differenz kleiner als 2,0 ist und die Noten der Einzelbewertungen jeweils mindestens „ausreichend“ sind. § 16 Abs. 4 Satz 2 und 3 gelten entsprechend. Beträgt die Differenz 2,0 oder mehr oder lautet eine Bewertung „mangelhaft“, die andere aber mindestens „ausreichend“, wird vom Prüfungsausschuss eine dritte Prüferin bzw. ein dritter Prüfer zur Bewertung der Masterarbeit (ohne Abschlusspräsentation) bestimmt. In diesem Fall wird die Note aus dem arithmetischen Mittel der beiden besseren Noten gebildet. Die Arbeit kann jedoch nur dann als „ausreichend“ oder besser bewertet werden, wenn mindestens zwei Noten „ausreichend“ oder besser sind. § 16 Abs. 4 Satz 2 und 3 gelten entsprechend.

- (3) Die Bewertung der Masterarbeit ist den Studierenden spätestens sechs Wochen nach Abgabe der Arbeit im Campus Management System der Universität Paderborn bekannt zu geben.

## § 19

### Bewertung der Masterprüfung und Bildung der Gesamtnote

- (1) Die Masterprüfung ist bestanden, wenn alle Modulprüfungen und die Masterarbeit mit mindestens „ausreichend“ (4,0) bewertet sind. Die Voraussetzungen für den erfolgreichen Abschluss des Studiums ergeben sich aus § 22.
- (2) Die Gesamtnote wird gebildet, indem alle Modulnoten sowie die Note der Masterarbeit nach Leistungspunkten gewichtet werden und daraus das arithmetische Mittel gebildet wird. Bei der Berechnung des Ergebnisses wird nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt, alle weiteren Stellen werden ohne Rundung gestrichen.

Die Note lautet:

bei einem Durchschnitt bis einschließlich 1,5 = sehr gut

bei einem Durchschnitt über 1,5 bis einschließlich 2,5 = gut

bei einem Durchschnitt über 2,5 bis einschließlich 3,5 = befriedigend

bei einem Durchschnitt über 3,5 bis einschließlich 4,0 = ausreichend

bei einem Durchschnitt über 4,0 bis 5,0 = mangelhaft

- (3) Anstelle der Gesamtnote „sehr gut“ wird das Gesamturteil „mit Auszeichnung bestanden“ erteilt, wenn die Note der Masterarbeit 1,0, der nach Leistungspunkten gewichtete Durchschnitt der Noten aus den Modulprüfungen mindestens 1,3 und keine der Modulnoten schlechter als „gut“ ist.

## § 20

### Wiederholung von Leistungen

- (1) Eine bestandene Prüfung kann nicht wiederholt werden.
- (2) Eine nicht bestandene Modulabschlussprüfung oder Modulteilprüfung, kann zweimal wiederholt werden. Die letzte Wiederholungsprüfung zu einer Klausur erfolgt als mündliche Ersatzprüfung. Die Vorschriften des § 15 Absatz 2 Buchstabe b werden entsprechend angewendet.
- (3) Eine nicht bestandene oder eine bestandene Prüfung zu einem Wahlpflichtmodul, für das noch keine Wiederholungsmöglichkeit genutzt worden ist, kann einmalig durch einen Wechsel innerhalb des Wahlpflichtbereiches des zugehörigen Katalogs abgewählt werden.
- (4) Eine Modulprüfung ist bestanden, wenn sie mit mindestens „ausreichend“ bewertet worden ist. Ein Ausgleich zwischen den Noten von Modulteilprüfungen findet nicht statt. Eine Modulprüfung ist endgültig nicht bestanden, wenn die Modulabschlussprüfung oder eine Modulteilprüfung nicht mehr wiederholt werden kann.
- (5) Die Masterarbeit kann bei mit der Note „mangelhaft“ bewerteter Leistung einmal wiederholt werden. Dabei ist ein neues Thema zu stellen. Eine zweite Wiederholung ist ausgeschlossen. Eine Rückgabe des Themas der Masterarbeit in der in § 15 Absatz 6 Satz 2 genannten Frist ist jedoch nur zulässig, wenn die Kandidatin bzw. der Kandidat bei der Anfertigung ihrer bzw. seiner ersten Masterarbeit von dieser Möglichkeit keinen Gebrauch gemacht hatte.
- (6) Für die Wiederholung der Masterarbeit kann die Kandidatin bzw. der Kandidat eine andere Prüferin bzw. einen anderen Prüfer vorschlagen. Ein Rechtsanspruch besteht nicht.

## § 21

### Versäumnis, Rücktritt, Täuschung, Ordnungsverstoß, Schutzvorschriften und Studierende mit Familienaufgaben

- (1) Eine Abmeldung von Prüfungen kann bis spätestens eine Woche vor dem jeweiligen Prüfungstermin im Campus Management System der Universität Paderborn ohne Angabe von Gründen vorgenommen werden.
- (2) Eine Prüfungsleistung gilt als mit „mangelhaft“ (5,0) bewertet, wenn die Kandidatin bzw. der Kandidat zu einem Prüfungstermin ohne triftige Gründe nicht erscheint oder nach Beginn der Prüfung ohne triftige Gründe von der Prüfung zurücktritt oder nach Ablauf der Abmeldefristen nach Abs. 1 ohne Angabe von triftigen Gründen von der Prüfung zurücktritt. Dasselbe gilt, wenn eine schriftliche Prüfungsleistung nicht innerhalb der vorgegebenen Bearbeitungszeit erbracht wird.

- (3) Die für das Versäumnis oder den Rücktritt geltend gemachten Gründe müssen dem Prüfungsausschuss unverzüglich, spätestens aber fünf Werktage nach dem jeweiligen Prüfungstermin schriftlich angezeigt und glaubhaft gemacht werden. Bei Krankheit der Kandidatin bzw. des Kandidaten reicht eine spätestens vom Tag der Prüfung datierte ärztliche Bescheinigung über das Bestehen der Prüfungsunfähigkeit aus. Bestehen zureichende tatsächliche Anhaltspunkte, die eine Prüfungsfähigkeit als wahrscheinlich annehmen oder einen anderen Nachweis als sachgerecht erscheinen lassen, kann eine ärztliche Bescheinigung einer Vertrauensärztin oder eines Vertrauensarztes der Universität Paderborn auf Kosten der Universität verlangt werden. Die durch ärztliche Bescheinigung belegte Erkrankung des Kindes im Sinne des § 25 Abs. 5 Bundesausbildungsförderungsgesetzes gilt als Prüfungsunfähigkeit der Kandidatin bzw. des Kandidaten, wenn die Betreuung nicht anders gewährleistet werden konnte, insbesondere bei überwiegend alleiniger Betreuung. Erkennt der Prüfungsausschuss die Gründe an, wird der Kandidatin oder dem Kandidaten dies schriftlich mitgeteilt und ein neuer Prüfungstermin festgesetzt. Die bereits vorliegenden Prüfungsergebnisse sind in diesem Fall anzurechnen. Erkennt der Prüfungsausschuss die Gründe nicht an, wird dies der Kandidatin bzw. dem Kandidaten schriftlich mitgeteilt.
- (4) Täuscht eine Kandidatin bzw. ein Kandidat oder versucht sie bzw. er zu täuschen, gilt die betreffende Prüfungsleistung als mit „mangelhaft“ (5,0) bewertet. Führt eine Kandidatin bzw. ein Kandidat ein nicht zugelassenes Hilfsmittel mit sich, kann die betreffende Prüfungsleistung als mit „mangelhaft“ (5,0) bewertet werden. Die Vorfälle werden von den jeweils Aufsichtsführenden aktenkundig gemacht. Die Feststellung gem. Satz 1 bzw. die Entscheidung gem. Satz 2 wird von der bzw. dem jeweiligen Prüfenden getroffen.
- (5) Eine Kandidatin bzw. ein Kandidat, die bzw. der den ordnungsgemäßen Ablauf der Prüfung stört, kann von den jeweiligen Prüfenden oder Aufsichtsführenden in der Regel nach Abmahnung von der Fortsetzung der jeweiligen Prüfungsleistung ausgeschlossen werden; in diesem Fall gilt die betreffende Prüfungsleistung als mit „mangelhaft“ (5,0). Die Gründe für den Ausschluss sind aktenkundig zu machen.
- (6) In schwerwiegenden Fällen kann der Prüfungsausschuss die Kandidatin bzw. den Kandidaten von weiteren Prüfungsleistungen ausschließen. Täuschungshandlungen können gem. § 63 Abs. 5 HG außerdem mit einer Geldbuße von bis zu 50.000 € geahndet werden und zur Exmatrikulation führen.
- (7) Die Kandidatin bzw. der Kandidat kann innerhalb von 14 Tagen verlangen, dass Entscheidungen gemäß Abs. 4 Satz 1 und 2 oder Abs. 5 vom Prüfungsausschuss überprüft werden. Belastende Entscheidungen des Prüfungsausschusses sind der Kandidatin bzw. dem Kandidaten unverzüglich schriftlich mitzuteilen, zu begründen und mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen. Vor der Entscheidung ist der Kandidatin bzw. dem Kandidaten Gelegenheit zum rechtlichen Gehör zu geben.
- (8) Außerdem regelt der Prüfungsausschuss den Nachteilsausgleich für Studierende mit Behinderung oder chronischer Erkrankung. Ist die bzw. der Studierende aufgrund ihrer bzw. seiner Behinderung oder chronischen Erkrankung nicht in der Lage, Leistungen ganz oder teilweise entsprechend den vorgesehenen Modalitäten zu erbringen, soll ein Nachteilsausgleich gewährt werden. Als Nachteilsausgleich kommen insbesondere die Gewährung von organisatorischen Maßnahmen und Hilfsmitteln, die Verlängerung der Bearbeitungszeit oder die Gestattung einer anderen, gleichwertigen Leistungserbringungsform in Betracht. Die Behinderung oder chronische Erkrankung ist glaubhaft zu machen. Hierzu kann ein ärztliches Attest oder psychologisches Gutachten verlangt werden. Der Antrag soll die gewünschten Modifikationen benennen und begründen. Auf Antrag der bzw. des Studierenden oder des Prüfungsausschusses im Einvernehmen mit der bzw. dem Studierenden kann die bzw. der Beauftragte für Studierende mit



Behinderung oder chronischer Erkrankung Empfehlungen für die Gestaltung des Nachteilsausgleichs abgeben.

- (9) Der besonderen Situation von Studierenden mit Familienaufgaben beim Studium und bei der Erbringung von Leistungen wird Rechnung getragen. Dies geschieht unter anderem in folgenden Formen:
- a. Auf Antrag einer Kandidatin sind die Schutzbestimmungen gem. §§ 3, 4, 6 und 8 des Mutterschutzgesetzes entsprechend zu berücksichtigen. Dem Antrag sind die erforderlichen Nachweise beizufügen. Der Prüfungsausschuss kann unter Berücksichtigung des Einzelfalls andere Leistungserbringungsformen festlegen. Die Mutterschutzfristen unterbrechen jede Frist nach dieser Prüfungsordnung; die Dauer des Mutterschutzes wird nicht in die Frist eingerechnet.
  - b. Gleichfalls sind die Fristen der Elternzeit nach Maßgabe des jeweils gültigen Bundeselterngeld und Elternzeitgesetz auf Antrag zu berücksichtigen. Die Kandidatin bzw. der Kandidat muss bis spätestens vier Wochen vor dem Zeitpunkt, von dem ab sie bzw. er die Elternzeit antreten will, dem Prüfungsausschuss unter Beifügung der erforderlichen Nachweise schriftlich mitteilen, für welchen Zeitraum oder für welche Zeiträume sie bzw. er eine Elternzeit in Anspruch nehmen will. Der Prüfungsausschuss prüft, ob die gesetzlichen Voraussetzungen vorliegen, die bei einer Arbeitnehmerin bzw. einem Arbeitnehmer einen Anspruch auf Elternzeit nach dem Bundeselterngeld und Elternzeitgesetz auslösen würden und legt unter Berücksichtigung des Einzelfalls die Termine und Fristen fest. Die Abgabefrist der Masterarbeit kann höchstens auf das Doppelte der vorgesehen Bearbeitungszeit verlängert werden. Andernfalls gilt die gestellte Arbeit als nicht vergeben und die Kandidatin bzw. der Kandidat erhält nach Ablauf der Elternzeit ein neues Thema.
  - c. Der Prüfungsausschuss berücksichtigt auf Antrag Ausfallzeiten durch die Pflege und Erziehung von Kindern im Sinne des § 25 Absatz 5 Bundesausbildungsförderungsgesetz und Ausfallzeiten durch die Pflege des Ehegatten, der eingetragenen Lebenspartnerin bzw. des eingetragenen Lebenspartners, der Partnerin bzw. des Partners einer eheähnlichen Gemeinschaft oder eines in gerader Linie Verwandten oder ersten Grades Verschwägerten und legt unter Berücksichtigung des Einzelfalls die Fristen und Termine fest. Im Übrigen gelten die Sätze 4 und 5 von Buchstabe b) entsprechend.

## § 22

### Erfolgreicher Abschluss des Studiums, endgültiges Nichtbestehen

- (1) Das Studium ist erfolgreich absolviert, wenn die Masterprüfung bestanden ist und alle Module erfolgreich abgeschlossen sind. Die Masterprüfung ist bestanden, wenn alle Module des Studiengangs sowie die Masterarbeit mit mindestens „ausreichend“ (4,0) bewertet sind.
- (2) Die Masterprüfung ist endgültig nicht bestanden, wenn ein Modul endgültig nicht bestanden ist oder die Masterarbeit zum zweiten Mal mit der Note „mangelhaft“ (5,0) bewertet wird.
- (3) Der Bescheid über eine endgültig nicht bestandene Masterprüfung wird der Kandidatin bzw. dem Kandidaten durch die Vorsitzende bzw. den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses in schriftlicher Form erteilt. Der Bescheid ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.
- (4) Hat die Kandidatin bzw. der Kandidat die Masterprüfung endgültig nicht bestanden, wird ihr bzw. ihm auf Antrag ein Leistungszeugnis ausgestellt, das die erbrachten Leistungen und gegebenenfalls die erworbenen Leistungspunkte enthält und das erkennen lässt, dass die Masterprüfung endgültig nicht bestanden ist.

- (5) Studierenden, welche die Hochschule aus anderen Gründen ohne Studienabschluss verlassen, ist nach Exmatrikulation auf Antrag ein Leistungszeugnis auszustellen, das die erbrachten Leistungen und gegebenenfalls die erworbenen Leistungspunkte enthält.

### **§ 23**

#### **Zeugnis, Transcript of Records und Diploma Supplement**

- (1) Hat die Kandidatin bzw. der Kandidat das Studium erfolgreich absolviert, erhält sie bzw. er über das Ergebnis ein Zeugnis. Dieses Zeugnis enthält den Namen des Studienganges, die Regelstudienzeit und die Gesamtnote. Das Zeugnis weist das Datum auf, an dem die letzte Prüfungsleistung erbracht worden ist. Daneben trägt es das Datum der Ausfertigung. Das Zeugnis ist von der bzw. dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zu unterzeichnen.
- (2) Ferner erhält die Kandidatin bzw. der Kandidat ein Transcript of Records, in dem die gesamten erbrachten Prüfungsleistungen und die Fachstudiendauer aufgeführt sind. Das Transcript of Records enthält Angaben über die Leistungspunkte (ECTS-Credits) und die erzielten Noten zu den absolvierten Modulen und zur Masterarbeit. Es enthält des Weiteren das Thema der Masterarbeit und die erzielte Gesamtnote der Masterprüfung.
- (3) Mit dem Abschlusszeugnis wird der Absolventin bzw. dem Absolventen ein Diploma Supplement ausgehändigt.
- (4) Das Diploma Supplement ist eine Zeugnisergänzung in deutscher und englischer Sprache mit einheitlichen Angaben zu den deutschen Hochschulabschlüssen, welche das deutsche Bildungssystem erläutern und die Einordnung des vorliegenden Abschlusses vornimmt. Das Diploma Supplement informiert über den absolvierten Studiengang und die mit dem Abschluss erworbenen akademischen und beruflichen Qualifikationen. Es enthält die wesentlichen dem Abschluss zugrunde liegenden Studieninhalte, den Studienverlauf, die mit dem Abschluss erworbenen Kompetenzen sowie die verleihende Hochschule.

### **§ 24**

#### **Masterurkunde**

- (1) Gleichzeitig mit dem Zeugnis über den bestandene Masterabschluss wird der Kandidatin bzw. dem Kandidaten eine Masterurkunde mit dem Ausfertigungsdatum des Zeugnisses ausgehändigt. Darin wird die Verleihung des Mastergrades gemäß § 2 beurkundet.
- (2) Die Masterurkunde wird von der Dekanin bzw. dem Dekan der Fakultät und der bzw. dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses unterzeichnet und mit dem Siegel der Universität Paderborn versehen.
- (3) Der Masterurkunde wird eine englischsprachige Übersetzung beigelegt.

### **§ 25**

#### **Einsicht in die Prüfungsakten**

- (1) Der Kandidatin bzw. dem Kandidaten kann die Möglichkeit gegeben werden, nach Bekanntgabe der Noten Einsicht in ihre bzw. seine schriftlichen Prüfungsarbeiten und die darauf bezogenen Bewertungen der Prüfenden zu nehmen. Die bzw. der Vorsitzende des Prüfungsausschusses bestimmt Ort und Zeit der Einsichtnahme; er bzw. sie kann diese Aufgaben an die Prüfenden delegieren. Ort und Zeit der Einsichtnahme sind während der Prüfung, spätestens mit Bekanntgabe der Note bekannt zu geben.

- (2) Sofern Absatz 1 nicht angewendet wird, wird der Kandidatin bzw. dem Kandidaten auf Antrag bis spätestens einen Monat nach Bekanntgabe der Ergebnisse der jeweiligen Prüfungen Einsicht in ihre bzw. seine schriftlichen Prüfungsleistungen, die darauf bezogenen Bewertungen der Prüfenden und in die Prüfungsprotokolle gewährt. Innerhalb eines Jahres nach Aushändigung des Zeugnisses wird der Kandidatin bzw. dem Kandidaten auf Antrag in angemessener Frist Einsicht in die Masterarbeit, die darauf bezogenen Gutachten der Prüferinnen bzw. der Prüfer und in die Prüfungsprotokolle gewährt. Die bzw. der Vorsitzende des Prüfungsausschusses bestimmt Ort und Zeit der Einsichtnahme; er bzw. sie kann diese Aufgaben an die Prüfenden delegieren.

### **III. Schlussbestimmungen**

#### **§ 26**

#### **Ungültigkeit der Masterprüfung**

- (1) Hat die Kandidatin bzw. der Kandidat bei einer Prüfung getäuscht und wird diese Tatsache erst nach Aushändigung des Zeugnisses bekannt, kann der Prüfungsausschuss nachträglich die Noten für diejenigen Prüfungsleistungen, bei deren Erbringung die Kandidatin bzw. der Kandidat getäuscht hat, entsprechend berichtigen und die Prüfung ganz oder teilweise für nicht bestanden erklären.
- (2) Waren die Voraussetzungen für die Zulassung zu einer Prüfung nicht erfüllt, ohne dass die Kandidatin bzw. der Kandidat hierüber täuschen wollte, und wird diese Tatsache erst nach der Aushändigung des Zeugnisses bekannt, wird dieser Mangel durch das Bestehen der Prüfung geheilt. Hat die Kandidatin bzw. der Kandidat die Zulassung vorsätzlich zu Unrecht erwirkt, entscheidet der Prüfungsausschuss unter Beachtung des Verwaltungsverfahrensgesetzes für das Land Nordrhein-Westfalen über die Rechtsfolgen.
- (3) Vor einer Entscheidung ist der bzw. dem Betroffenen Gelegenheit zur Äußerung zu geben.
- (4) Das unrichtige Zeugnis ist einzuziehen und gegebenenfalls ein Zeugnis neues zu erteilen. Eine Entscheidung nach Absatz 1 und Absatz 2 Satz 2 ist nach einer Frist von fünf Jahren nach Ausstellung des Zeugnisses ausgeschlossen.
- (5) Ist die Prüfung insgesamt für nicht bestanden erklärt worden, sind der Mastergrad abzuerkennen und die entsprechende Masterurkunde einzuziehen. Eine Aberkennung des Mastergrades ist nur innerhalb von fünf Jahren seit dem Zeitpunkt der Gradverleihung zulässig.

#### **§ 27**

#### **Aberkennung des Mastergrades**

Der Mastergrad wird aberkannt, wenn sich nachträglich herausstellt, dass er durch Täuschung erworben worden ist, oder wenn wesentliche Voraussetzungen für die Verleihung irrtümlich als gegeben angesehen worden sind. Über die Aberkennung entscheidet der Fakultätsrat mit zwei Dritteln seiner Mitglieder. Die Aberkennung ist nur innerhalb von fünf Jahren seit dem Zeitpunkt der Gradverleihung zulässig.

## § 28 Übergangsbestimmungen

- (1) Diese Prüfungsordnung findet auf alle Studierenden Anwendung, die erstmalig ab Wintersemester 2017/18 an der Universität Paderborn für den Masterstudiengang Elektrotechnik eingeschrieben werden.
- (2) Studierende, die vor dem Wintersemester 2017/18 an der Universität Paderborn für den Masterstudiengang Elektrotechnik eingeschrieben worden sind, können ihre Masterprüfung einschließlich Wiederholungsprüfungen letztmalig im Sommersemester 2020 nach der Prüfungsordnung in der Fassung vom 30. April 2012 (AM Uni. Pb. Nr. 09/12), zuletzt geändert durch Satzung vom 11. Dezember 2015 (AM Uni. Pb. Nr. 108/15) ablegen. Ab dem Wintersemester 2020/2021 wird die Masterprüfung einschließlich Wiederholungsprüfungen nach dieser Prüfungsordnung abgelegt.
- (3) Auf Antrag kann in diese Prüfungsordnung gewechselt werden. Der Wechsel ist unwiderruflich.

## § 29 Inkrafttreten und Veröffentlichung

- (1) Diese Prüfungsordnung tritt mit Wirkung vom 1. Oktober 2017 in Kraft. Gleichzeitig tritt die Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Elektrotechnik der Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik an der Universität Paderborn vom 30. April 2012 (AM Uni. Pb. Nr. 09/12), zuletzt geändert durch Satzung vom 11. Dezember 2015 (AM Uni. Pb. Nr. 108/15) außer Kraft. § 28 bleibt unberührt.
- (2) Diese Prüfungsordnung wird in den Amtlichen Mitteilungen der Universität Paderborn (AM Uni. Pb.) veröffentlicht.

Ausgefertigt aufgrund der Beschlüsse des Fakultätsrates der Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik vom 06. Juni 2016 und 19. September 2016 und der Rechtmäßigkeitsprüfungen durch das Präsidium der Universität Paderborn vom 29. Juni 2016 und 28. September 2016.

Paderborn, den 16. Juni 2017    Für den Präsidenten  
Die Vizepräsidentin für Wirtschafts- und Personalverwaltung  
der Universität Paderborn

Simone Probst

**Anhang**  
**Anhang I: Studienplan**

Masterstudiengang Elektrotechnik			
1. Semester 30 LP	2. Semester 30 LP	3. Semester 30 LP	4. Semester 30 LP
<i>Theoretische Elektrotechnik</i>	<i>Wahlpflichtmodul III</i>		
Theoretische Elektrotechnik 6 LP	Wahlpflichtmodul Katalog III 6 LP		
<i>Statistische Signale</i>	<i>Wahlpflichtmodul II</i>	<i>Wahlpflichtmodul IV</i>	
Verarbeitung statistischer Signale/ Statistical Signal Processing 6 LP	Wahlpflichtmodul Katalog II 6 LP	Wahlpflichtmodul Katalog IV 6 LP	
<i>Wahlpflichtmodul I</i>	<i>Wahlpflichtmodul I</i>	<i>Wahlpflichtmodul IV</i>	
Wahlpflichtmodul Katalog I 6 LP	Wahlpflichtmodul Katalog I 6 LP	Wahlpflichtmodul Katalog IV 6 LP	
<i>Wahlpflichtmodul II</i>	<i>Projektarbeit</i>		
Wahlpflichtmodul Katalog II 6 LP	Projektarbeit 18 LP oder		
	Projektarbeit 9 LP	Projektarbeit 9 LP	
<i>Wahlpflichtmodul III</i>	<i>Studium Generale</i>		
Wahlpflichtmodul Katalog III 6 LP	Studium Generale 3 LP	Studium Generale 9 LP	Masterarbeit 30 LP

Die auszuwählenden Wahlpflichtfächer aus dem Masterstudienprogramm müssen unterschiedlich zu denen aus dem Bachelorstudium sein.

## Anhang II: Modulliste

Als Folge der Weiterentwicklung der Forschungs- und Lehrinhalte des Instituts können im Wahlpflichtbereich Module der Kataloge in geringer Zahl entfallen oder durch Module, die fachlich zu dem gleichen Katalog gehören, in geringer Zahl ersetzt oder ergänzt werden. Die Änderungen werden im Modulhandbuch bekannt gegeben. Die Regelungen zu den Leistungen und zum Umfang bleiben hiervon unberührt.

### Gebiet Theoretische Elektrotechnik

**Pflicht:** Theoretische Elektrotechnik

**Umfang:** 6 LP

**Leistung:** 1 Klausur

### Gebiet Statistische Signale

**Pflicht:** Verarbeitung statistischer Signale oder Statistical Signal Processing

**Umfang:** 6 LP

**Leistung:** 1 Klausur oder 1 mündliche Prüfung

### Projektarbeit

**Wahlpflicht:** Thematisch eng umrissene wissenschaftliche Aufgabe

**Umfang:** 9 LP für ein Semesterprojekt oder 18 LP für ein Jahresprojekt

**Leistung:** 1 Referat je Projekt

### Katalog der Module für den Wahlpflichtbereich Energie und Umwelt

**Wahlpflicht:** 2 oder 4 Module aus folgender Liste:

Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge

Bauelemente der Leistungselektronik

Elektronische Stromversorgungen

Leistungselektronik

Mensch-Haus-Umwelt

Messstochastik

Umweltmesstechnik

Solar Electric Energy Systems

Energy Transition

Intelligent Control of Electricity Grids

**Umfang:** 6 LP je Modul

**Leistung:** 1 Klausur oder 1 mündliche Prüfung oder 1 Referat je Modul

### Katalog der Module für den Wahlpflichtbereich Kognitive Systeme

**Wahlpflicht:** 2 oder 4 Module aus folgender Liste:

Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen  
Biomedizinische Messtechnik  
Digital Image Processing I  
Digital Image Processing II  
Technisch kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel  
Advanced Topics in Robotics  
Kognitive Sensorsysteme  
Fahrerassistenzsysteme  
Robotik  
Statistische Lernverfahren und Mustererkennung

**Umfang:** 6 LP je Modul

**Leistung:** 1 Klausur oder 1 mündliche Prüfung oder 1 Referat je Modul

### Katalog der Module für den Wahlpflichtbereich Kommunikationstechnik

**Wahlpflicht:** 2 oder 4 Module aus folgender Liste:

Digitale Sprachsignalverarbeitung  
Wireless Communications  
Hochfrequenztechnik  
Optimale und adaptive Filter  
Elektromagnetische Feldsimulation  
Ausgewählte Kapitel der Theoretischen Elektrotechnik  
Videotechnik  
Feldberechnung mit der Randelementmethode  
Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode  
Optical Waveguide Theory  
Topics in Signal Processing

**Umfang:** 6 LP je Modul

**Leistung:** 1 Klausur oder 1 mündliche Prüfung oder 1 Referat je Modul

### Katalog der Module für den Wahlpflichtbereich Mikroelektronik

**Wahlpflicht:** 2 oder 4 Module aus folgender Liste:

- RFID-Funketiketten: Aufbau und Funktion
- Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation
- Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikationstechnik
- Hochfrequenzleistungsverstärker
- Test hochintegrierter Schaltungen
- Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip
- Analoge CMOS-Schaltkreise
- Technologie hochintegrierter Schaltungen
- Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen
- Advanced VLSI Design
- Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits

**Umfang:** 6 LP je Modul

**Leistung:** 1 Klausur oder 1 mündliche Prüfung oder 1 Referat je Modul

### Katalog der Module für den Wahlpflichtbereich Optoelektronik

**Wahlpflicht:** 2 oder 4 Module aus folgender Liste:

- Hochfrequenzelektronik
- Optische Nachrichtentechnik A
- Optische Nachrichtentechnik B
- Optische Nachrichtentechnik C
- Optische Nachrichtentechnik D

**Umfang:** 6 LP je Modul

**Leistung:** 1 Klausur oder 1 mündliche Prüfung oder 1 Referat je Modul

### Katalog der Module für den Wahlpflichtbereich Prozessdynamik

**Wahlpflicht:** 2 oder 4 Module aus folgender Liste:

- Höhere Regelungstechnik
- Mechatronik und Elektrische Antriebe
- Geregelte Drehstromantriebe
- Technische Akustik
- Ultraschallmesstechnik
- Mikrosensorik
- Advanced System Theory
- Advanced Control Methods for Mechatronics
- Dynamic Programming and Stochastic Control

**Umfang:** 6 LP je Modul

**Leistung:** 1 Klausur oder 1 mündliche Prüfung oder 1 Referat je Modul



### **Anhang III: Veranstaltungen im Bereich des Studium Generale**

Im Rahmen des Moduls Studium Generale sind Veranstaltungen aus dem Lehrangebot der Universität Paderborn zu wählen, das im Vorlesungsverzeichnis ausgewiesen ist. Ziel dieser Wahlveranstaltungen ist z. B.

- die Erweiterung und Vertiefung führungsbezogener Qualifikationen (Projektbearbeitung, Projektmanagement, ...),
- der Erwerb von zusätzlichen Qualifikationen aus anderen Bereichen (Wirtschaftswissenschaft, Naturwissenschaft, ...),
- die Erweiterung des Horizonts mit Fächern ohne natur- oder ingenieurwissenschaftliche Denkweise (Fremdsprachen, ...).

### **Anhang IV: Modulbeschreibungen**

---

**HERAUSGEBER  
PRÄSIDIUM DER UNIVERSITÄT PADERBORN  
WARBURGER STR. 100  
33098 PADERBORN**

**[HTTP://WWW.UNI-PADERBORN.DE](http://www.uni-paderborn.de)**

---

**ISSN 2199-2819**

### III. Module im Masterstudiengang

#### Modultabelle

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

#### III.1 Gebiet Theoretische Elektrotechnik

##### III.1.1 Theoretische Elektrotechnik

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

## Theoretische Elektrotechnik

<b>Theoretische Elektrotechnik</b> <i>Theoretical Electrical Engineering</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.21003	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.21003 Theoretische Elektrotechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 0) L.048.21003 Theoretical Electrical Engineering: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die 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 mit analytischen und numerischen Methoden.</p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Die Vorlesung Theoretische Elektrotechnik gliedert sich wie folgt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetition der Grundlagen der Wellenausbreitung</li> <li>• Verluste in Wellenleitern</li> <li>• optische Wellenleiter</li> <li>• planare Leitungen</li> <li>• Kavitäten und deren Anwendung</li> <li>• Grundlagen der Antennentheorie</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>			
<p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache elektromagnetische Feldprobleme mathematische zu beschreiben (Modellbildung)</li> <li>• eine geeignete analytische Lösungsmethode auszuwählen und anzuwenden (Lösung)</li> <li>• die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu deuten (Interpretation)</li> </ul>			

<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen</li> <li>• erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,</li> <li>• erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz</li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p> <p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur / 120-180 min / 100%  <i>Written Examination / 120-180 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p> <p>EMA, WGMAET  <i>EMA, WGMAET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p> <p>Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p> <p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>  Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die daneben aber auch einen großen Anteil an Feldvisualisierungen enthält. In den Übungen wird die Theorie anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden.</p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben.</p>

## III.2 Gebiet Statistische Signale

### III.2.1 Statistische Signale

<b>Katalogname / Name of catalogue</b>	<b>Statistischer Signale Statistical Signals</b>
Module / Modules	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verarbeitung statistischer Signale oder</li> <li>• <i>Statistical Signal Processing</i></li> </ul>
Katalogverantwortlicher / Catalogue advisor	Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6
Lernziele / Learning objectives	<p>Das Modul Statistischer Signale vermittelt den Studierenden ein Verständnis für die Bedeutung der beschreibenden und schließenden Statistik für viele Bereiche der Elektrotechnik. Sie festigen ihre Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik und erhalten einen Einblick in die Schätz- und Detektionstheorie, sowie die statistische Zeitreihenanalyse. Darüber hinaus werden Verfahren vorgestellt, mit deren Hilfe aus Daten gewonnene Schätzwerte hinsichtlich statistischer Signifikanz bewertet werden können.</p> <p><i>The module Statistical Signals provides the participants with an understanding of the importance of probability theory and statistics in many areas of Electrical Engineering. After reviewing the basic concepts of probability students will be given an introduction to detection and estimation theory, as well as to statistical time series analysis. Further, techniques will be presented, by which the statistical significance of estimates derived from observed data can be assessed.</i></p>

#### Verarbeitung statistischer Signale

<b>Statistische Signale Statistical Signals</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.210XX	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German

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

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

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

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

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

1.)

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

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

2.) Nach dem Besuch dieser Veranstaltung werden Studenten mit den Grundprinzipien der statistischen Signalverarbeitung vertraut sein. Sie verstehen, wie man Techniken der statistischen Signalverarbeitung in der Elektrotechnik einsetzen kann und sie können diese auf relevante Gebiete (wie z.B. in der Nachrichtentechnik) anwenden. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden.

2.) *After attending this course, students will be familiar with the basic principles of statistical signal processing. They will understand how to apply statistical signal processing techniques to relevant fields in electrical engineering (such as communications). Students will develop confidence in their ability to solve mathematical problems of analysis and design. They will be able to apply the principles they have learnt in this course to other areas.*

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

1.)

Die Studierenden

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



<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> 1.) Klausur / 120-180 min / 100% 2.) Klausur oder Mündl. Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100% 1.) <i>Written Examination / 120-180 min / 100%</i> 2.) <i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA <i>EMA, WGMAET, CEMA</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr. -Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> 1.) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner</li> <li>• Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig ein experimentelles Setup entwickeln und implementieren, sowie statistische Analysemethoden auf die gewonnenen Ergebnisse anwenden</li> </ul> 2.) Vorlesung und Übung 2.) <i>Lectures and tutorials</i>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> 1.) Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Bereitstellung der Übungsaufgaben samt Musterlösungen und Beispielimplementierungen in Matlab Weitere Literatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• N. Henze, Stochastik für Einsteiger, 8. Auflage, Vieweg-Teubner Verlag, 2010</li> <li>• E. Hänsler, Statistische Signale --- Grundlagen und Anwendungen, 3. Auflagen, Springer, 2001</li> <li>• S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing --- Estimation Theory, Prentice Hall, 1993</li> </ul>

- J. L. Mela, 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.

2.) Literaturangaben werden in der ersten Vorlesung gegeben.

2.) *Literature references are given in the first lecture.*

### III.3 Kataloge der Wahlpflichtmodule

#### III.3.1 Energie und Umwelt

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

## Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge

<b>Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge</b> <i>Drives for Environmentally Compatible Vehicles</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M048.22001	180	6	Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22001 Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.22001 Drives for Environmentally Compatible Vehicles: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine, die über die mit einem Bachelorabschluss an einer universitären Einrichtung erworbenen Kenntnisse in Elektrotechnik hinausgehen. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Gegenstand der Lehrveranstaltung sind innovative Antriebssysteme für Straßen- und Schienenfahrzeuge (Elektrofahrzeug, Brennstoffzellenfahrzeug, Hybridfahrzeug). Hierbei steht der Fahrzeugantrieb mit dem systemtechnischen Zusammenwirken der beteiligten Komponenten im Mittelpunkt. Die wesentlichen Charakteristika der beteiligten Antriebskomponenten werden betrachtet. Dies geschieht aber aus dem Blickwinkel des Zusammenspiels der Komponenten auf Systemebene. Die Vertiefung der technologischen Details bleibt den entsprechenden Spezialveranstaltungen vorbehalten. Ziel dieser Lehrveranstaltung ist es, den Teilnehmern ein Grundverständnis der wichtigsten beteiligten Aggregate, vor allem aber ein Systemverständnis zu vermitteln, so dass sie in die Lage versetzt werden, neuartige Antriebe zu bewerten und nach Verbrauch, Wirkungsgrad, Aufwand usw. zu quantifizieren bzw. ein solches System auslegen und bemessen zu können.</p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementare Fahrdynamik (Kräfte, Bewegungsgleichungen, Kraftschluss)</li> <li>• Energiespeicher (Treibstoffe, Schwungräder, Batterien, Superkondensatoren)</li> <li>• Elektromotoren und Umrichter (Asynchronmotor, Permanent-Magnet-Motor)</li> <li>• Verbrennungsmotoren (Drehmoment-Drehzahl-Verhalten, Wirkungsgrade, Kennfelder)</li> <li>• Brennstoffzelle (Wirkungsweise, Betriebseigenschaften)</li> <li>• Strukturen elektrischer und hybrider Antriebe (Elektroantriebe, dieselelektrische Antriebe, Serien- Parallel-, Split-Hybrid, Brennstoffzellenfahrzeug)</li> <li>• Systemverhalten und Betriebsstrategien</li> <li>• Beispiele von Straßen- und Schienenfahrzeugen</li> </ul>			

<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die wichtigsten Strukturelemente elektrischer und hybrider Antriebssysteme</li> <li>• kennen die Grundstrukturen elektrischer und hybrider Antriebssysteme</li> <li>• können verschiedene Antriebsstrukturen bewerten und vergleichen</li> <li>• können quantitative Analysen und Bewertungen durchzuführen</li> <li>• können Systeme und Komponenten nach vorgegebenen Spezifikationen auslegen</li> <li>• verstehen die Gesamtzusammenhänge der Energieversorgungsketten</li> </ul>
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b> Die Studenten <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen, technische Details aus einer Gesamtsystemsicht zu betrachten und zu relativieren</li> <li>• lernen, technische Problemstellungen in einen gesellschaftlichen Gesamtzusammenhang einzuordnen</li> <li>• erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen</li> <li>• erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.

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

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

**Methodische Umsetzung / Implementation**

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

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

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

## Intelligent Control of Electrical Grids

<b>Intelligent Control of Electricity Grids</b> <i>Intelligent Control of Electricity Grids</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> L.048.22002	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22002 Intelligent Control of Electricity Grids: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.22002 Intelligent Control of Electricity Grids: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CW / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamische Eigenschaften wichtiger Energiewandler auch und gerade im Zusammenspiel mit dem Netz</li> <li>• Klassische Regelungen von Insel- und Verbundnetzen sowie</li> <li>• Zukünftige Anforderungsprofile an eine automatisierte Netzführung mit dezentralen Einspeisern</li> <li>• Optimale wirtschaftliche Lastverteilung</li> <li>• Beschreibungen der Netze für den Einsatz in automatisierten Netzleitzentren</li> <li>• Schätzung der Systemzustände mit Hilfe linearer und nichtlinearer Methoden (State Estimation)</li> <li>• Schätzung der Systemzustände beruht auf Messungen:</li> <li>• Möglichkeiten grob falsche Messfehler zu erkennen und zu beseitigen</li> <li>• besonderen Fragestellungen im Umfeld der Thematik</li> </ul>			

<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In dieser Veranstaltung lernen die Studierenden die Probleme heutiger sowie die Zielsetzungen und Anforderungen zukünftiger automatisierter Energieversorgungssysteme kennen. Dazu werden spezielle, repräsentative Fragestellungen exemplarisch herangezogen, mit denen wichtige Probleme auch zukünftiger Netze diskutiert werden können.</li> <li>• Tagesaktuelle Ereignisse in und um die "Automatisierung elektrischer Netze" werden selbstverständlich zur Einschätzung der Lehrinhalte diskutiert.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Fette, Michael, Dr. –Ing. habil.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>

## Elektronische Stromversorgungen

<b>Elektronische Stromversorgungen</b> <i>Switched Mode Power Supplies</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22004, M.048.92031	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English</i> <i>(depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22004 Elektronische Stromversorgungen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92031 <i>Switched Mode Power Supplies</i> : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. <i>Knowledge from lecture Power Electronics is desirable.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Vorlesung behandelt grundlegende potentialtrennende Schaltungstopologien elektronischer Stromversorgungen sowie deren Modellbildung und Regelung. <i>The course covers basic circuit topologies of electronic power supplies with electric isolation and their modeling and control.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundsaltungen potentialtrennender Gleichstromumrichter</li> <li>• Transformatoren, gekoppelte Spulen, Filter- und Schwingkreiskomponenten</li> <li>• Resonanztechnik für verlustarmes Schalten</li> <li>• Regelungstechnische Modellierung von Schaltnetzteilen</li> <li>• Netzgleichrichter mit sinusförmiger Stromaufnahme: Leistungsteil und Regelungskonzepte</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Basic circuits of isolated DC-DC power converters</i></li> <li>• <i>Transformers, coupled inductors, filters and resonant tanks</i></li> <li>• <i>resonant technique for low loss switching</i></li> <li>• <i>control design for switched mode power supplies</i></li> <li>• <i>rectifiers with sinusoidal current shape: power stage and control concepts</i></li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachliche Kompetenzen</b> Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• leistungselektronische Schaltungen in Abhängigkeit von der Betriebsart zu analysieren</li> </ul>			

- und die Anforderungen an Bauteile zu definieren
- Topologien und Schalttechniken zu vergleichen und die Eignung einer Schaltung für bestimmte Anwendungen zu bewerten
- Schaltungen und Regelungen mittels verschiedener Verfahren zu modellieren

### **Fachübergreifende Kompetenzen**

Die Studierenden

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

### ***Professional Competence***

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

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

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

*The students*

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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



Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Fröhleke, Norbert, AD, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung</li> <li>• Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum)</li> <li>• eintägiges Praktikum in der letzten Vorlesungswoche (Aufbau eines Schaltnetzteils)</li> <li>• <i>lecture</i></li> <li>• <i>exercise</i></li> <li>• <i>one-day practical course in the last week of lecture periode (assembly of a switched mode power supply)</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. <i>Lecture slides and skript, further literatur will be announced in lecture.</i>

## Mensch-Haus-Umwelt

<b>Mensch-Haus-Umwelt</b> <i>Men-House-Environment</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22007	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22007 Mensch-Haus-Umwelt: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) <i>L.048.22007 Men-House-Environment: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Außer den üblicherweise im Rahmen der B. Sc. erworbenen Kenntnissen sind keine weiteren Vorkenntnisse erforderlich. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			

<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p>Die unterschiedlichen Bilanzierungsebenen von Energie und ihre jeweilige Aussagekraft. Berechnungsverfahren zur Energieintensität von Produkten unter Berücksichtigung einer ganzheitlichen Bilanzierung der Produktlebenszyklen. Mechanismen und Potentiale des rationellen Energieeinsatzes am Beispiel des Bereiches Bauen und Wohnen.</p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>Die Veranstaltung Mensch-Haus-Umwelt behandelt die ganzheitliche Betrachtung von Energiebedarfselementen bei der Errichtung und Nutzung bis hin zum Abriss von Bauwerken (inkl. der Herstellung der Baumaterialien). Die Mechanismen zur energetischen Bilanzierung werden grundsätzlich erarbeitet und ihre Anwendung so vertieft, dass sie auf andere Lebenszyklusbetrachtungen (Produkte, Fertigungskomponenten, usw.) übertragbar sind.</p>
<p><b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b></p>
<p><b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Vielschichtigkeit der in der Regel als selbstverständlich hingenommenen Versorgung mit Energie soll vermittelt werden. Ein zentraler Punkt hierbei ist das in der Regel vernachlässigte gesamtenergetische Vorgehen bei Bilanzierungen.</li> <li>• Das Zusammenwirken ökologischer, ökonomischer und soziologischer Faktoren bei der Nutzung der Umwelt als Lebensraum soll herausgearbeitet werden.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Veranstaltung soll neben den fachlichen Kompetenzen zusätzlich - durch die intensiven Zusammenarbeit in der Übungsphase - zu späterem projektbezogenen Arbeiten befähigen. Ein wichtiger Aspekt ist die Durchmischung der Fähigkeiten, die die Studierenden der verschiedenen Disziplinen durch ihre Ausbildung "mitbringen".</li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p> <p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p> <p>EMA, WGMAET, MA LABKET</p> <p><i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>

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

## Umweltmesstechnik

<b>Umweltmesstechnik</b> <i>Environmental monitoring and measuring technologies</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22010	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22010 Umweltmesstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 0) L.048.22010 Environmental monitoring and measuring technologies: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die immer intensivere Nutzung natürlicher Ressourcen führt zur zunehmenden Belastung der Umwelt. Im Rahmen dieser Lehrveranstaltung wird die Problematik an Hand ausgewählter Wirkungsmechanismen bezogen auf die Wirkungsorte bzw. Lebensräume beispielhaft behandelt. Die jeweils relevanten Messgrößen werden charakterisiert und die zur Bestimmung geeigneten Messprinzipien und -verfahren beschrieben. Speziell konzentrieren sich die Ausführungen auf die messtechnische Bestimmung der Kontamination und Überwachung von Luft, Gewässer und Böden.			
<b>Inhalt / Contents</b>			

- Die Vorlesung Umweltmesstechnik behandelt folgende Themen:
- gesetzlicher Rahmen des Umweltschutzes
- Bedeutung und Aufgaben der Umweltmesstechnik
- Erläuterung der Wirkungsmechanismen bei der immer intensiveren Nutzung natürlicher Ressourcen sowie des steigenden Gefährdungspotentials durch den Einsatz von Hochtechnologien
- Chemosensorik und Probenpräparation
- Messprinzipien und Messverfahren der Umweltmesstechnik
- Optoden und optische Mess- und Analysentechnik
- Sensoren für die Flüssigkeitsanalyse
- Sensoren für die Gasanalyse

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

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

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

- die Wirkungsmechanismen bei zunehmenden Umweltproblemen zu analysieren und zu verstehen,
- für ausgewählte Messaufgaben unter Berücksichtigung der konkreten Messbedingungen geeignete Messprinzipien bzw. Messtechnik auszuwählen,
- Messergebnisse zu charakterisieren und zu interpretieren.

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

Die Studierenden

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Mündl. Prüfung / 0min / 100%

*Oral Examination / 0min / 100%*

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Praktische Arbeit in Gruppen mit Messtechnik im Labor</li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

## Energy Transition

<b>Energy Transition</b> <i>Energy Transition</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22014, M.048.92034	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22014 Energy Transition: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92034 Energy Transition: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Mit dem Versiegen fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Erdgas und dem Auslaufen der Atomprogramme vieler Länder, stellt die Notwendigkeit eine Energiestruktur basierend auf erneuerbaren Energien mit fluktuierender Abgabeleistung aufzubauen, ein große Herausforderung für das Elektroingenieurwesen dar. Diese Vorlesung nimmt sich dieser Herausforderung an und erklärt die Funktionsweise und Performanceparameter von allen Arten erneuerbarer Energiewandler, ihre Verfügbarkeit, Zusammenwirken und			

Anpassungsmöglichkeiten an Verbrauchsstrukturen. Umgekehrt werden die Anpassungsmöglichkeiten der Lastkurven an die Verfügbarkeit der Energiequellen präsentiert, einschließlich neuer Konzepte, wie z.B. dezentrale Erzeugung, Speicherung und Energiemanagement.

*With the depletion of fossil energy resources such as coal, oil, gas and the shut-down of the nuclear programs in many countries, the necessity to set-up an energy structure based on renewable energies with often fluctuating power output is a vast challenge for electrical engineering. This lecture faces that challenge explaining the functioning and performance parameters of all types of renewable energy conversion devices, their availability, interaction and adaptability to load structures. Vice versa, the adaptability of load curves to the availability of the energy sources shall be presented, including new concepts, e.g. decentralized generation, storage and energy management.*

### **Inhalt / Contents**

1. Bestehende Energiestruktur: Geschichte, Entwicklung
2. Komponenten & Systeme: Erzeugung, Transport, Verbrauch
3. Merkmale erneuerbarer Energien: Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie, Biomasse, Geothermie
4. Individuelle und kombinierte Verfügbarkeit und Performance
5. Energiemanagement, Smart-Grid, Einbezug von Verkehr und Lastanpassung.
6. Speicherung: Typen, Leistung, Lebensdauer, Kosten
7. Neue Konzepte zur Kostenminimierung: dezentrale, autonome und semi-autonome Systeme, Schwarmkonzepte
8. Geographische Unterschiede: Lokale Ressourcen, Potenziale, Laststrukturen
9. Legislative Fragen: Zugangsbedingungen zum Netz, Spot-Markthandel für Strom
- 10.-12. Ausflüge zu integrierten Projektbeispielen (z.B. Höxter, Bremerhaven, Kassel, Herne)

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

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

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

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

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

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

Die Studierenden sind in der Lage die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,

<p>können methodenorientiertes Vorgehen bei der Implementierung einer nachhaltigen Energieversorgung einsetzen, sind in der Lage, sich in der Zukunft selbst weiterzubilden.</p> <p><i>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</i></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%  <i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing. habil.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>  Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen &amp; Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen  <i>Lecture combined with practical examples &amp; simulations; Excursion to see applications in practice.</i></p>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.  Michel Crappe: Electric Power Systems. John Wiley &amp; Sons, 2008.  Magdi S. Mahmoud: Decentralized Systems with Design Constraints. Springer: Berlin Heidelberg, New York, 2011.  Hermann Scheer, The Energy Imperative, 100 Percent Renewable Now. Routledge, 2011.</p>

Hermann Scheer: Energy Autonomy. Earthscan/James & James, 2006.  
Geert Verbong, Derk Loorbach: Governing the Energy Transition - Reality, Illusion or Necessity?, Routledge, 2012

### Bemerkungen / Comments

Exkursion  
*Excursion*

## Bauelemente der Leistungselektronik

<b>Bauelemente der Leistungselektronik</b> <i>Power Electronic Devices</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.22003, M.048.92032	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22003 Bauelemente der Leistungselektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92032 <i>Power Electronic Devices</i> : 2L + 2Ex ( 60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Knowledge from lecture Power Electronics is desirable.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Vorlesung behandelt Leistungshalbleiterbauelemente, ihre Beschaltung und Ansteuerung sowie Kühlung. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Auslegung magnetischer Bauteile und schnelle Strommessverfahren.  <i>The course covers power electronic devices, snubber circuits, driving and cooling. Another topic is the design of magnetic components and fast current sensors.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leistungshalbleiter-Bauelemente: Dioden, BJT, GTO, MOSFET, IGBT</li> <li>• Beschaltung, Ansteuerung und Schutz von Halbleiterventilen und Bauelementen; Kühlein-richtungsauslegung</li> </ul>			



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

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

### Fachliche Kompetenzen

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

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

### Fachübergreifende Kompetenzen

Die Studierenden

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

### *Professional Competence*

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

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

### *(Soft) Skills*

*The students*

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

## 6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

<i>Written or Oral exam or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Fröhleke, Norbert, AD Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung</li> <li>• Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum)</li>   <li>• <i>lecture</i></li> <li>• <i>exercise</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben <i>Lecture slides and notes, further literatur will be announced in lecture.</i>

## Leistungselektronik

**Leistungselektronik**  
*Power Electronics*

<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22006, M.048.92023	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22006 Leistungselektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92023 Power Electronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Aufgabe der Leistungselektronik ist die Umformung zwischen verschiedenen elektrischen Energieformen mit Hilfe elektronischer Schaltungen. Die Vorlesung führt in die Prinzipien der modernen Leistungselektronik und ihrer Aufgabenstellungen ein. Die wesentlichen Grundsaltungen werden erörtert und analysiert und typische Anwendungen aus Industrie, Energiewirtschaft und Verkehrstechnik erläutert.</p> <p><i>The task of power electronics is the conversion between various kinds of electrical energy by means of electronic circuits. The lecture introduces the modern power electronic principles and their tasks. The basic power electronic circuits are introduced and analyzed. Typical application examples from the fields of industry, energy and transportation are discussed.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idealisierung leistungselektronischer Schaltungen als schaltende Netzwerke</li> <li>• Grundsaltungen selbstgeführter Stromrichter: Tiefsetzsteller, Hochsetzsteller</li> <li>• Grundsaltungen fremdgeführter Stromrichter</li> <li>• Kommutierung, Entlastungsschaltungen</li> <li>• Mittelwertmodellierung</li> <li>• Pulsweitenmodulation, Strom- und Spannungsschwankungen, Oberschwingungen</li> <li>• Thermische Modellierung und Auslegung</li> <li>• Beispielanwendungen aus den Bereichen Bahn, Straßenfahrzeuge, Industrie und Energieerzeugung und -verteilung</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Modeling power electronic circuits as idealized switching networks</i></li> <li>• <i>Basic circuits of self-commutated converters: Buck and boost converters</i></li> <li>• <i>Basic circuits of line- and load-commutated converters</i></li> <li>• <i>Commutation, snubber circuits</i></li> <li>• <i>State-Space averaging</i></li> <li>• <i>Pulse width modulation, current and voltage ripples, harmonics</i></li> <li>• <i>Application examples from railway, automotive, industry, and energy generation and distribution</i></li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis moderner Prinzipien elektrischer Energieumformung</li> </ul>			

- Kompetenz zur Beurteilung, Auswahl und Auslegung leistungselektronischer Schaltungen
- *Understanding the modern principles of electrical energy conversion*
- *Competence to evaluate, select and design power electronic circuits*

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

Die Studenten

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

*The students*

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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*

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

Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.

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

**Modulseite / Module Homepage**

<http://wwwlea.upb.de>

### Methodische Umsetzung / Implementation

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

### Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature

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

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

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

## Messstochastik

<b>Messstochastik</b> <i>Statistics in measurement</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.22008	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22008 Messstochastik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.22008 <i>Statistics in measurement</i> : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus dem Modul Messtechnik werden erwartet Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> In vielen Bereichen der Technik treten regellos schwankende (stochastische) Größen auf,			

deren Verlauf sich nicht formelmäßig angeben lässt. Solche zufälligen Temperatur, Druck oder Spannungsschwankungen können Störungen, aber auch Nutzsignale sein. Ihre Behandlung erfordert statistische Methoden, wie z. B. Spektralanalyse oder Korrelationsverfahren. Die bei ihrer Realisierung auftretenden Fehler bzgl. Messzeit und Amplitudenquantisierung werden behandelt. Der praktische Einsatz statistischer Verfahren im Bereich der Kommunikations- und Automatisierungstechnik wird aufgezeigt. Vorlesungsbegleitende Matlab® und laborpraktische Übungen helfen, den Stoff zu vertiefen.

### **Inhalt / Contents**

Die Vorlesung Messstochastik behandelt folgende Themen:

- Grundlagen der Messstochastik
- Stochastische Prozesse in nichtlinearen Systemen
- Geräte der Messstochastik
- Probleme der endlichen Messzeit
- Anwendungen: Signalerkennung im Rauschen, Worterkennung durch partielle Autokorrelation, Systemidentifikation, Flammüberwachung, Ortung, Lecksuche in Leitungen, Trennung stochastischer Summenprozesse, Laufzeit- und Geschwindigkeitsmessung bei starren und turbulenten sowie stationären und instationären Bewegungsabläufen, Rehocence- und Cepstrumverfahren, Sensoren zur korrelativen Geschwindigkeitsmessung, FTIR-Spektrometer als optischer Korrelator

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

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

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

- komplexe Messaufgaben mit stochastisch schwankenden Größen zu analysieren und zu beurteilen sowie eigene Lösungen zu entwickeln,
- Algorithmen bezüglich Recheneffizienz, Effektivität, Fehlerabschätzung und Grenzen zu bewerten.

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

Die Studierenden

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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

<i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Wetzlar, Dietmar, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung an interaktiver Präsentationstafel mit schrittweiser Entwicklung umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Lösung von Übungsaufgaben und laborpraktische Behandlung messtechnischer Aufgaben aus den Bereichen Nachrichten-, Regelungs- und Prozessmesstechnik.</li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Es wird Begleitmaterial bereitgestellt, das in der Vorlesung zu ergänzen ist. Hinweise auf Lehrbücher und auf wichtige Publikationen werden gegeben.

## Solar Electric Energy Systems

<b>Solar Electric Energy Systems</b> <i>Solar Electric Energy Systems</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.22013, M.048.92033	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.22013 Solarelektische Energiesysteme: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92033 Solar Electric Energy Systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität zur Energieversorgung: Grundlagen,			

Eigenschaften der Wandler und Materialien, Performance, Energieertrag, Lebensdauer, Normen, Prüfung, Systeme, Modellierung, Simulation.

*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.*

### **Inhalt / Contents**

1. Potentiale, astronomische Gegebenheiten, Einstrahlung, Konzentration
2. Solarthermische Energiewandlung
3. Prinzip der photovoltaischen Energiewandlung
4. Parameter der photovoltaischen Umwandlung, Umsetzung Wandler
5. Herstellung von Solarzellen, Solarmodulen
6. PV-Anlagen: Komponenten, Aufbau, Leistung
7. Leistung: optische, thermische und elektrische Modellierung, Simulation, Messung
8. Haltbarkeit von PV-Modulen und Systemen: Standards, Tests, Degradationseffekte
9. PV für die Stromversorgung: Vorhersagbarkeit der PV-Leistung, Kombination mit anderen Energiequellen, Speicher, Leistung in großen Energienetze, individuelle Stromversorgung
10. Marktentwicklung der PV: Off-Grid-Märkte, Märkte durch Einspeisetarife (FIT), Eigenversorgung, Kostenentwicklung
- 11./12. Exkursion zu einem PV-Kraftwerk (Besuch, Interview mit dem Betreiber, Dokumentation)

1. *Potentials, Irradiance, Concentration*
2. *Solar Electricity via solar thermal systems*
3. *Principle of photovoltaic energy conversion*
4. *Characteristics of photovoltaic conversion devices*
5. *Manufacturing of solar cells, solar modules*
6. *PV systems: components, set-up, performance*
7. *Performance: optical, thermal and electrical modeling, simulation, measurement*
8. *Durability of PV modules and systems: Standards, tests, degradation effects*
9. *PV for power supply: predictability of PV output, combination with other energy sources, storage, performance in large energy grids, individual power supply*
10. *Market development of PV: off-grid markets, markets triggered by feed-in tariffs (FIT), self-sustainable markets, cost and price development*
- 11./12. *Excursion to a PV power plant (visit, interview with the operator, documentation)*

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

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

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

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

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

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

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

Die Studierenden

sind in der Lage die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,



<p>können methodenorientiertes Vorgehen bei der Implementierung einer nachhaltigen Energieversorgung einsetzen sind in der Lage, sich in der Zukunft selbst weiterzubilden</p> <p><i>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.</i></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing. habil.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.nek.upb.de/lehre">http://www.nek.upb.de/lehre</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen &amp; Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen. <i>Lecture combined with practical examples &amp; simulations; Excursion to see applications in practice</i></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Martin A. Green: Solar Cells Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System</p>

Applications, UNSW, Sydney, Publisher: Prentice Hall, 1981.

Stuart R. Wenham, Martin A. Green, Muriel Watt, Richard Corkish, Alistair Sproul: Applied Photovoltaics, UNSW, Sydney, softcover version: Earthscan, 2012.

Stefan Krauter: Solar Electric Power Generation. 1st Ed. Springer: Berlin, Heidelberg, New York, 2006.

Stefan Krauter: Solar Electric Power Generation. 2nd Ed. Springer: Berlin, Heidelberg, New York, 2015 (under preparation, preprint available).

Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.

### III.3.2 Kognitive Systeme

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

Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen

<b>Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen</b> <i>Topics in Pattern Recognition and Machine Learning</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23018, M.048.92030	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / German or English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23018 Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92030 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<p>Vorkenntnisse aus dem Modul Statistische Signale. Wünschenswert, aber nicht notwendig sind Kenntnisse aus dem Modul Statistische Lernverfahren und Mustererkennung Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <p><i>Elementary knowledge in Probability Theory, as is taught in the course Statistical Signal Processing. Desirable, but not mandatory: knowledge in the field of statistical learning and pattern recognition</i></p> <p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>In der Veranstaltung <b>Aktuelle Themen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen</b> werden zunächst die Grundkonzepte der Mustererkennung und des maschinellen Lernens kurz zusammengefasst. Anschließend werden ausgewählte Themen behandelt. Die Auswahl orientiert sich dabei an aktuellen Forschungsthemen und variiert von Jahr zu Jahr. Beispiele für solche Themen sind</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schätzung von Modellen mit verborgenen Variablen, um eine in den Daten vermutete zugrundeliegende innere Struktur zu entdecken</li> <li>• Bias-Varianz Dilemma und Abtausch von Detailgenauigkeit der Modelle und Generalisierungsfähigkeit</li> <li>• Grafische Modelle</li> <li>• Sequentielle Daten und hidden Markov Modelle</li> <li>• Spezielle Klassifikationsaufgaben (z.B. automatische Spracherkennung)</li> </ul> <p>Während der erste Teil der Veranstaltung aus dem üblichen Vorlesungs-/Übungsschema besteht, werden die Studenten im zweiten Teil aktuelle Veröffentlichungen lesen, analysieren und präsentieren. Dies kann häufig auch die Realisierung von Algorithmen in Matlab umfassen.</p> <p><i>The course on Topics in Pattern Recognition and Machine Learning first briefly summarizes the main concepts of statistical pattern recognition and machine learning. Next selected topics will be presented in detail. The choice of topics depends on current research activities and thus</i></p>			

may change over time. Examples of such topics to be studied in detail include

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

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

### **Inhalt / Contents**

- Grundlagen der statistischen Mustererkennung: Bayes'sche Regel, Lernen von Verteilungsdichten, lineare Modelle für Klassifikation und Regression, Kernelmethoden
- EM-Algorithmus für Maximum-Likelihood und Bayes'sche Schätzung
- Modelle mit diskreten und kontinuierlichen verborgenen Variablen: GMM, NMF
- Bias-Varianz Dilemma und Modellwahl
- Grafische Modelle
- Hidden Markov Modelle mit Anwendungen in der Spracherkennung
- Aktuelle Veröffentlichungen aus Mustererkennung und maschinellem Lernen
- *Fundamentals of statistical pattern recognition: Bayes rule, learning of class-conditional densities, linear models for classification and regression*
- *EM Algorithm and extensions thereof*
- *Models with discrete or continuous latent variables; GMM, NMF*
- *Bias-Variance dilemma and model selection*
- *Graphical models*
- *Hidden Markov models and their application in speech recognition*
- *Recent publications in pattern recognition and machine learning*

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

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

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

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

After completion of the course students will be able to

- *Choose an appropriate classifier for a given classification problem and be able to learn the parameters of the classifier from training data*
- *Choose an appropriate regression method for function approximation and learn its parameters from training data*
- *Search for latent variables and structure in given data*

- *Make an informative choice for the model order to find a good compromise between degree of detail and generalizability*
- *Comprehend and analyze recent publications from the field of pattern recognition and machine learning*

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

#### **Die Studierenden**

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

#### *The students*

- *Have gathered an understanding of the importance of the chosen model order on the outcome of classification and regression tasks*
- *Are aware of the impact of a priori assumptions on the result of latent variable and structure discovery in data*
- *Are able to autonomously gain expertise in a certain field of pattern recognition by conducting a literature survey*
- *Can gauge the importance of a given publication for the state of the art in a field*
- *Are able to apply the knowledge and skills learnt in this course to a wide range of disciplines*

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/topics-in-pattern-recognition-and-machine-learning/">http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/topics-in-pattern-recognition-and-machine-learning/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner</li> <li>• Anleitung, wie aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen zu analysieren sind und anschließend eigenständige Einarbeitung in Fachliteratur durch die Studierenden</li> <li>• Präsentation von aktuellen Veröffentlichungen durch die Studierenden</li>   <li>• <i>Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, occasional presentations of (powerpoint) slides ,</i></li> <li>• <i>Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer</i></li> <li>• <i>Instructions how to read and analyze scientific publications in this field</i></li> <li>• <i>Autonomous analysis of publications and presentation of results and gained insight</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• R.O. Duda, P.E. Hart, D.G.~ Stork, Pattern Classification, Wiley, 2001</li> <li>• K. Fukunaga, Introduction to Statistical Pattern Recognition, Academic Press, 1990</li> <li>• C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006</li> </ul>

## Digital Image Processing I

<b>Digital Image Processing I</b> <i>Digital Image Processing I</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.23002, M.048.92008	180	6	Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23002 Digital Image Processing I: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92008 Digital Image Processing I: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			

Die Veranstaltung "Digital Image Processing I" stellt ein Basismodul im Katalog "Kognitive Systeme" im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar.

Die Veranstaltung gibt eine grundlegende Einführung in die Digitale Bildverarbeitung.

*The course "Digital Image Processing I" is a fundamental module in the catalog "Cognitive Systems" of the Electrical Engineering Master's program and related courses of studies.*

*The course provides a fundamental introduction to digital image processing.*

### **Inhalt / Contents**

- Grundlagen (Koordinaten, Bilddatentypen, menschliche Wahrnehmung, Licht und elektromagnetisches Spektrum)
  - Bildaufnahme (Abtastung, Quantisierung, Aliasing, Nachbarschaften)
  - Bildverbesserung im Ortsraum (Transformationen, Histogramme, arithmetische und logarithmische Operationen, spatiale Filter allgemein, Glättungsfiler, Kantenfilter)
  - Bildverbesserung im Frequenzraum (Fouriertransformation, Glättungsfiler, Kantenfilter)
  - Bilddatenkompression und -reduktion (Grundlagen, Kompressionsmodelle, Informationstheorie, Kompressionsstandards)
- 
- *Basic principles (coordinates, types of image data, human perception, light and electromagnetic spectrum)*
  - *Image acquisition (sampling, quantization, aliasing, neighborhoods)*
  - *Image enhancement in the spatial domain (transformations, histograms, arithmetic and logarithmic operations, spatial filters in general, smoothing filters, edge filters)*
  - *Image enhancement in the frequency domain (Fourier Transform, smoothing filters, edge filters)*
  - *Compression and reduction of image data (basic principles, compression models, information theory, compression standards)*

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

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

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.

*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.*

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

Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in C und C++.

*The students have a good command of programming in the C language and C++.*

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

100%
<i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-1">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-1</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.</li> <li>• Eine Einübung der präsentierten Methoden erfolgt danach im Übungsteil.</li> <li>• Abschließend werden einfache Bildverarbeitungsalgorithmen von den TeilnehmerInnen implementiert, getestet und angewendet.</li> <li>• Im Praktikumsteil werden die notwendigen Programmierkenntnisse vermittelt, er ist aber ausdrücklich nicht als Programmierkurs gedacht.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>The theoretical and methodic fundamentals will be introduced during the lecture.</i></li> <li>• <i>The methods presented will be practiced during the subsequent exercise / lab part.</i></li> <li>• <i>Finally, the participants will implement, test, and apply simple image processing algorithms.</i></li> <li>• <i>The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): <i>Lecture notes, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing I (lecture notes)</li> <li>• Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG</li> </ul>



- Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital ImageProcessing. Prentice Hall, 3rd ed., 2007. ISBN-13: 978-013168728
- Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7.Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514

## Kognitive Sensorsysteme

<b>Kognitive Sensorsysteme</b> <i>Cognitive Sensor Systems</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i>	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i>
M.048.23006	180	6	Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i>	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i>	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i>
	1-3	1	Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur /</b> <i>Module structure</i>			
L.048.23006 Kognitive Sensorsysteme: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.23006 Cognitive Sensor Systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls /</b> <i>Options within the module</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen /</b> <i>Admission requirements</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte /</b> <i>Contents</i>			
<b>Kurzbeschreibung /</b> <i>Short Description</i>			
<p>Im Bereich der Informationsverarbeitung sind oft große Datenmengen zu verarbeiten und hieraus entsprechendes Wissen zu extrahieren. Homogene oder heterogene Sensorsysteme dienen als Informationsquellen. Oft werden Objekteigenschaften auch verbal beschrieben. Eine Daten reduzierende Verarbeitung stellt neues und präziseres Wissen bereit. Eine Synergie der Messinformation mehrerer Sensoren zur Lösung einer Detektions, Klassifikations oder Identifikationsaufgabe erweitert die Wahrnehmungsfähigkeit erhöht die Glaubwürdigkeit und damit die Betriebssicherheit. Methoden der multivariaten Datenanalyse und Anwendung künstlicher neuronaler Netze sind hierbei wichtige Hilfsmittel.</p>			
<b>Inhalt /</b> <i>Contents</i>			
Die Vorlesung Kognitive Sensorsysteme behandelt folgende Themen:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation und Begriffe</li> <li>• Informationsfusion, Sensorintegration und Datenfusion. <ul style="list-style-type: none"> <li>o Beispiel: Umfeldwahrnehmung (Kfz, Robotik)</li> </ul> </li> <li>• Hauptkomponentenanalyse (PCA) <ul style="list-style-type: none"> <li>o Mathematische Grundlagen</li> <li>o Herleitung der PCA</li> <li>o Datenreduktion, -rekonstruktion</li> <li>o Beispiel: Farbbestimmung aus Spektralwerten</li> </ul> </li> <li>• Künstliche neuronale Netze (KNN) <ul style="list-style-type: none"> <li>o Mehrlagiges Perzeptron-Netzwerk</li> <li>o Strukturen, Back Propagation-Algorithmus, Lernstrategien</li> </ul> </li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>o Mustererkennung, Interpolation</li> <li>o Beispiel: Elektrische-Impedanz-Tomografie (EIT)</li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe Aufgaben aus dem Bereich Multivariate Datenanalyse zu analysieren und zu beurteilen sowie eigene Lösungen zu entwickeln,</li> <li>• Künstlicher Neuronaler Netze sowohl zur Mustererkennung, als auch zur Lösung von Interpolationsaufgaben (indirekte Messung) einzusetzen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die erworbenen Kenntnisse disziplinübergreifend bei komplexen Fragestellungen einsetzen,</li> <li>• können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,</li> <li>• sind methodisch in der Lage, sich in vergleichbare Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung / 120-180 min oder 30-45 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination / 120-180 min or 30-45 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</p> <p><i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Wetzlar, Dietmar, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b></p> <p><a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung an interaktiver Präsentationstafel mit schrittweiser Entwicklung</li> </ul>

- umfangreicher Zusammenhänge
- Die behandelten Verfahren werden in Kleingruppen anhand laborpraktischer Übungen aus den Bereichen Prozess- und Ultraschallmesstechnik, Spektroskopie und Geräuschanalyse vertieft.
  - Präsentationen und Diskussion der arbeiteten (Zwischen-)Ergebnisse in von Studierenden moderierten Besprechungen

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

Es wird Begleitmaterial bereitgestellt, das in der Vorlesung zu ergänzen ist. Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung und auf wichtige Publikationen werden gegeben.

## Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel

<b>Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel</b> <i>Cognitive Systems Engineering - Special Topics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23019 <i>MS ESE Students: see 'Contents' below for PAUL course numbers.</i>	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) <i>L.048.23019 Cognitive Systems Engineering - Special Topics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine - aber Interesse am Seminarthema und interdisziplinärer Arbeit Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. <i>None - but interest in the subject-matter and interdisciplinary work Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> In der Veranstaltung werden aktuelle Themen aus der Forschung zu technischen kognitiven Systemen behandelt. <i>The course presents cutting-edge topics of today's research on technical cognitive systems.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> Das Modul wird in drei Teilen angeboten. Es sind zwei aus drei Teilen zu wählen. Jeder Teil			

hat einen Umfang von 2 SWS bzw. 3 Leistungspunkten.

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

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

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

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

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

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

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

Die Studierenden

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

*The students*

- *are able to name basic research topics related to the the design and the implementation of technical cognitive systems,*

- *can apply and evaluate technical cognitive systems and*
- *are able to design, implement and evaluate basic psychovisual experiments.*

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

Die Studierenden

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

*The students*

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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET*

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

Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.; Scharlau, Ingrid, Prof.

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

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

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

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

CSE A:

- Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden; kleine Programmierbeispiele;

Entwicklung und Durchführung von psychophysischen Experimenten

- *Presentations and discussions by the participants; small programming examples, development and realization of psychophysical experiments*

CSE B + C:

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

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

CSE A: Auszug / *Excerpt*

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

## Advanced Topics in Robotics

<b>Advanced Topics in Robotics</b> <i>Advanced Topics in Robotics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.23020, M.048.92006	180	6	Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23020 Advanced Topics in Robotics: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92006 Advanced Topics in Robotics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Veranstaltung Advanced Topics in Robotics baut auf dem Kurs Robotics auf. Sie führt die teilnehmenden Studierenden an aktuelle Forschungsfragen im Bereich autonomer und teleoperierter mobiler Roboter zur Lösung interdisziplinärer Probleme heran. Die Herausforderungen für die Entwicklung intelligenter mobiler Systeme werden analysiert und aktuelle Lösungen vorgestellt.</p> <p><i>The course Advanced Topics in Robotics is based on the course Robotics. The students are introduced to current research topics in the field of autonomous and teleoperated mobile</i></p>			

*robots to solve interdisciplinary issues. The challenges encountered in developing intelligent mobile systems are analyzed and current solutions presented.*

### **Inhalt / Contents**

- Architekturen für Robotersysteme
- Middleware für Hardwareabstraktion
- Gerätetreiber und Bibliotheken
- Visualisierung
- lokale Navigationsverfahren (Kollisionsvermeidung)
- globale Navigationsverfahren (Wegfindung)
- Methoden zur Navigation und Selbstlokalisierung (SLAM)
- Grundlagen der Handlungsplanung
- Ausblick zu Multi-Agenten-Systemen
  
- *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 / Domain competence:**

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.

*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.*

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

Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der Programmierung in C.

*The students have a good command of programming in the C language*

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.</li> <li>• Eine Einübung der präsentierten Methoden erfolgt danach im Übungsteil.</li> <li>• Abschließend werden einfache Algorithmen von den TeilnehmerInnen implementiert, getestet und angewendet.</li> <li>• Im Praktikumsteil werden die notwendigen Programmierkenntnisse vermittelt, er ist aber ausdrücklich nicht als Programmierkurs gedacht.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>The theoretical and methodical fundamentals will be introduced during the lecture.</i></li> <li>• <i>The methods presented will be practiced during the subsequent exercise / lab part.</i></li> <li>• <i>Finally, the participants will implement, test, and apply simple algorithms.</i></li> <li>• <i>The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden noch bekannt gegeben. <i>Allocation of lecture notes; information on textbooks stocked in the textbook collection will be announced later.</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mertsching, Bärbel: Robotics (lecture notes)</li> <li>• McKerrow, Phillip J.: Introduction to Robotics. Addison-Wesley, 1991</li> <li>• Siegart, Roland; Nourbakhsh, Illah R. and Scaramuzza, David: Introduction to Autonomous Mobile Robots. The MIT Press, 2011, ISBN-13: 978-0262015356</li> </ul>



<b>Driver Assistance Systems</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.23004	180	6	Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23004 Fahrerassistenzsysteme: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.23004 Driver Assistance Systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abgeschlossener 1. Studienabschnitt (Semester 1-4 der verschiedenen Studiengänge)</li> <li>• Interesse an den angebotenen Themen</li> </ul> <p>Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Completed first study period (semester 1-4 of various study programs)</i></li> <li>• <i>Interest in the offered topics</i></li> </ul> <p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Das Themenspektrum umfasst die eingesetzten Technologie wie z.B. Kameratechnologie, laufzeitbasierte Messverfahren und Radar sowie Anwendungen wie z.B. intelligenter Tempomat, automatische Notbremse, automatisches Einparken, Out of Position Detektion und Biometrische Identifikation.</p> <p><i>The range of topics includes the deployed technologies, such as camera technology, run-time base measuring systems and radar as well as application such as intelligent cruise control, automatic emergency break, automatic/machine-aided parking, out-of-position detection, and biometric identification.</i></p>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<p>Das Seminar <i>Fahrerassistenzsysteme</i> behandelt Technologien und Anwendungen zur Unterstützung des Fahrers im Automobil. Dazu sollen von den Studenten/innen selbstständig verschiedene Themen erarbeitet, in einem Seminarpapier erläutert und in einem Vortrag präsentiert werden. Einführende Literatur zu den einzelnen Themengebieten wird dabei gestellt. Die Studenten/innen sollen durch die Teilnahme am Seminar einige wichtige Bereiche der Fahrerassistenzsysteme kennen lernen. Dies umfasst sowohl die eingesetzten Sensor-Technologien als auch die Anwendungen. Darüber hinaus werden Aspekte zur Präsentations- und Vortragstechnik vermittelt.</p> <p><i>The seminar Driver assistance systems introduces technologies and applications for assisting drivers in their vehicles. Students are expected to independently work out several topics, explain them in a seminar paper and give a presentation on their work. A list of preliminary</i></p>			

<p><i>literature on each of the topics will be provided. This seminar is intended to introduce students to some of the important areas of driver assistance systems, including their application and deployed sensor technologies. In addition, aspects of presentation and lecture techniques are communicated.</i></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>          Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Büker, Ulrich, Dr.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="https://getwww.uni-paderborn.de/teaching/fas">https://getwww.uni-paderborn.de/teaching/fas</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Teilnehmer/innen sollen selbstständig die angebotenen Themen erarbeiten und im Seminar vorstellen.</li> <li>• <i>Participants are expected to indepently work out the offered topics and present their work in the seminar.</i></li> </ul>

<b>Digital Image Processing II</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.23016, M.048.92010	180	6	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23016 Digital Image Processing II: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92010 Digital Image Processing II: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Kenntnisse der Bildverarbeitung</li> </ul> <p>Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Basic knowledge of image processing</i></li> </ul> <p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Veranstaltung "Digital Image Processing II" stellt ein Modul im Katalog "Kognitive Systeme" für Fortgeschrittene im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar.</p> <p>Die Veranstaltung baut auf dem Basismodul "Digital Image Processing I" auf und beschreibt Methoden zur Merkmalsextraktion und Objekterkennung.</p> <p><i>The course "Digital Image Processing II" is a module in the catalog "Cognitive Systems" for advanced students of the Electrical Engineering Master's program and related courses of studies.</i></p> <p><i>It follows the fundamental course "Digital Image Processing I" and describes methods for feature extraction and object recognition.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wavelets und Mehrebenenverfahren (Bildpyramiden, Wavelet-Transformation)</li> <li>• Bildsegmentation (Linien- und Kantendetektion, Schwellwertverfahren, Regionen-basierte Segmentierung, Wasserfall-Verfahren, Bewegung)</li> <li>• Repräsentation und Beschreibung (Kettencodes, Signaturen, Konturbeschreibungen, Flächendescriptoren)</li> <li>• Stereo Image Analysis (Tiefenwahrnehmung, Stereogeometrie, Korrespondenzproblem)</li> <li>• Bewegungsschätzung (optischer Fluss, Bewegungsmodelle, Bewegungssegmentation)</li> <li>• Objekterkennung (Objektbeschreibungen, Klassifikatoren, probabilistische Ansätze)</li> </ul>			

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

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

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

Die Studierenden

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

*The students*

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

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

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

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Mertsching, Bärbel Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.</li> <li>• Im Übungsteil implementieren, testen und verwenden die Studierenden die vorgestellten Verfahren.</li>   <li>• <i>The theoretical and methodic fundamentals will be introduced during the lecture.</i></li> <li>• <i>During the subsequent exercise / lab part the participants will implement, test, and apply the presented methods.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): <i>Lecture notes, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing (lecture notes)</li> <li>• Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG</li> <li>• Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital ImageProcessing. Prentice Hall, 3rd ed., 2007. ISBN-13: 978-0131687288</li> <li>• Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7.Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514</li> </ul>

Biomedizinische Messtechnik

**Biomedizinische Messtechnik**  
*Biomedical measuring technologies*

<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23003	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23003 Biomedizinische Messtechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.23003 Biomedical measuring technologies: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Lehrveranstaltung Biomedizinische Messtechnik konzentriert sich auf die Bestimmung von Mess- und Kenngrößen zur Charakterisierung des physiologischen Zustands von Menschen. Die wichtigsten Messmethoden zur Erfassung von Vitalinformationen werden beschrieben. Wichtige Tomografieverfahren (Sonografie, NMR-, Röntgentomografie) werden hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Anwendungsgebiete charakterisiert.			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Die Vorlesung Biomedizinische Messtechnik behandelt folgende Themen:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nervensystem, Reizleitung, Ruhe- und Aktionspotential</li> <li>• Aufbau der Haut und deren elektrischen Eigenschaften</li> <li>• Blut, Blutkreislauf und Messmethoden zur Messung von Puls, Blutdruck und Blutflussgeschwindigkeit</li> <li>• Elektrodiagnostische Verfahren (EKG, EMG, EEG, EOG, ENG)</li> <li>• Computer-Röntgentomografie, Magnetresonanztomografie</li> <li>• Sonografie</li> <li>• Audiometrie</li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>			
Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Wirkungsmechanismen zur Entstehung von bioelektrischen und biomagnetischen Signalen sowie deren Ausbreitung durch den Körper zu verstehen,</li> <li>• die Grundlagen und Anwendbarkeit elektrodiagnostischer Verfahren einzuschätzen,</li> <li>• wichtige Tomografieverfahren zu charakterisieren.</li> </ul>			
<b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b>			
Die Studierenden			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,</li> <li>• sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a> <b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Praktische Arbeit in Gruppen mittels Messtechnik im Labor</li> </ul> <b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

Technische kognitive Systeme – Ausgewählte Kapitel

**Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel**  
**Cognitive Systems Engineering - Special Topics**

<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23019 <i>MS ESE Students: see 'Contents' below for PAUL course numbers.</i>	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) <i>L.048.23019 Cognitive Systems Engineering - Special Topics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine - aber Interesse am Seminarthema und interdisziplinärer Arbeit Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>None - but interest in the subject-matter and interdisciplinary work Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> In der Veranstaltung werden aktuelle Themen aus der Forschung zu technischen kognitiven Systemen behandelt. <i>The course presents cutting-edge topics of today's research on technical cognitive systems.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> Das Modul wird in drei Teilen angeboten. Es sind zwei aus drei Teilen zu wählen. Jeder Teil hat einen Umfang von 2 SWS bzw. 3 Leistungspunkten. <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cognitive Systems Engineering A - Visual Attention (L.048.90701 für MS ESE)</b> Im Wintersemester findet ein Projektseminar statt, welches in die Modellierung und experimentelle Erforschung von visueller Aufmerksamkeit und damit die Forschung an den Lehrstühlen GET Lab und Kognitionspsychologie einführt. Dabei soll auch gezeigt werden, wie über die Grenzen von Disziplinen hinweg gemeinsam geforscht werden kann. Der Schwerpunkt liegt aktuell auf dem Thema Salienz.</li> <li>• <b>Cognitive Systems Engineering B (L.048.90702 für MS ESE)</b> Im Sommersemester wird ein Projektseminar mit wechselnden Themen aus aktuellen Forschungsprojekten angeboten.</li> <li>• <b>Cognitive Systems Engineering C - GET Forschungsseminar (L.048.62008 für MS ESE)</b> Im Sommersemester und im Wintersemester finden verschiedene Präsentationen statt: aktuelle Zwischenberichte und Ergebnisse aus laufenden Studien- und Diplomarbeiten, Forschungsvorhaben und Drittmittelprojekten aus dem Forschungsbereich Technische Kognitive Systeme; Vorträge von Gästen der</li> </ul>			



Arbeitsgruppe.

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

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

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

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

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachkompetenz / Domain competence:

Die Studierenden

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

*The students*

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

### Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:

Die Studierenden

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

*The students*

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

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

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

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

<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.; Scharlau, Ingrid, Prof.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/cse</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>  CSE A:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden; kleine Programmierbeispiele; Entwicklung und Durchführung von psychophysischen Experimenten</li> <li>• <i>Presentations and discussions by the participants; small programming examples, development and realization of psychophysical experiments</i></li> </ul> <p>CSE B + C:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorträge und Diskussionen unter den Teilnehmenden</li> <li>• <i>Presentations and discussions by the participants</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  CSE A: Auszug / <i>Excerpt</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Backer, G. (2003) Modellierung visueller Aufmerksamkeit im Computer Sehen: Ein zweistufiges Selektionsmodell für ein Aktives Sehsystem. Dissertation U Hamburg [http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2004/2226/]. (Letzter Zugriff: 25.02.2016).</li> <li>• Itti, L., Rees, G. &amp; Tsotsos (2005): Neurobiology of Attention (sections Foundations and Systems). Amsterdam (Elsevier) 3-196 resp. 547-676.</li> </ul>

Robotik

**Robotik**  
**Robotics**

<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23010, M.048.92012	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / German or English (depending on demand)
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23010 Robotik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92012 Robotics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Veranstaltung "Robotik" stellt ein Basismodul im Katalog "Kognitive Systeme" im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar. Die Veranstaltung stellt grundlegende Konzepte und Techniken im Bereich der mobilen Robotik vor. Die Herausforderungen für die Entwicklung autonomer intelligenter Systeme werden analysiert und die aktuellen Lösungen vorgestellt.</p> <p><i>The course "Robotics" is a fundamental module in the catalog "Cognitive Systems" of the Electrical Engineering Master's program and related courses of studies. The course introduces basic concepts and techniques in the field of mobile robotics. The challenges for the development of autonomous intelligent systems will be analyzed and the current solutions will be presented.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensoren, Effektoren, Aktoren</li> <li>• Homogene Koordination, allgemeine Transformationen, Denavit-Hartenberg Parameter</li> <li>• Kinematik und Dynamik von Roboterarmen und mobilen Robotern</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sensors, effectors, actuators</i></li> <li>• <i>Homogenous coordinates, general transformations, Denavit-Hartenberg parameters</i></li> <li>• <i>Kinematics and dynamics of robot arms and mobile robots</i></li> </ul>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachkompetenz / Domain competence:</b>			
Die Studierenden			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• können grundlegende Verfahren aus der Regelungstechnik und der Systemtheorie auf</li> </ul>			

<p>Roboter übertragen und</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen die Methoden zur Beschreibung sowie der Planung und Steuerung von Bewegungen von Roboterarmen und mobilen Robotern.</li> </ul> <p><i>The students</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>know how to transfer basic methods from control and system theory to robotics and</i></li> <li>• <i>are able to apply the adequate methods to describe as well as plan and control the movements of robot arms and mobile robots.</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b> Die Studierenden können die Funktion und das Verhalten von Robotern und ihre Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld unter ethischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten erkennen und bewerten. <i>The students are able to identify and evaluate the function and behavior of robots and their integration into the social and economic environment while also considering ethical aspects.</i></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Mertsching, Bärbel Prof. Dr.-Ing.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik">http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.</li> <li>• Eine Einübung der präsentierten Methoden erfolgt danach im Übungsteil.</li> <li>• Abschließend werden einfache Algorithmen von den TeilnehmerInnen implementiert,</li> </ul>

getestet und angewendet.

- Im Praktikumsteil werden die notwendigen Programmierkenntnisse vermittelt, er ist aber ausdrücklich nicht als Programmierkurs gedacht.
- *The theoretical and methodical fundamentals will be introduced during the lecture.*
- *The methods presented will be practiced during the subsequent exercise / lab part.*
- *Finally, the participants will implement, test, and apply simple algorithms.*
- *The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.*

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

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

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

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

## Statistische Lernverfahren und Mustererkennung

<b>Statistische Lernverfahren und Mustererkennung</b> <i>Statistical Learning and Pattern Recognition</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.23012, M.048.92005	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.23012 Statistische Lernverfahren und Mustererkennung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92005 Statistical Learning and Pattern Recognition: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus der Lehrveranstaltung Verarbeitung statistischer Signale Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. <i>Elementary knowledge in Statistics, as is taught in the course Statistical Signal Processing Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Veranstaltung Statistische Lernverfahren und Mustererkennung vermittelt einen Einblick in die Komponenten und Algorithmen von statischen Mustererkennungssystemen. Es werden parametrische und nichtparametrische Ansätze vorgestellt, wie Charakteristika aus Daten			

entweder überwacht oder unüberwacht gelernt werden können und wie unbekannte Muster erkannt werden. Die vorgestellten Techniken können auf vielfältige Mustererkennungsprobleme angewendet werden, sei es für eindimensionale Signale (z.B. Sprache), zweidimensionale (z.B. Bilder) oder symbolische Daten (z.B. Texte, Dokumente).

*The course on Statistical Learning and Pattern Recognition presents an introduction into the components and algorithms prevalent in statistical pattern recognition. Both parametric and non-parametric density estimation and classification techniques will be presented, as well as supervised and unsupervised learning paradigms. The presented techniques can be applied to a variety of classification problems, both for one-dimensional input data (e.g., speech), two-dimensional (e.g., image) or symbolic input data (e.g., documents).*

### **Inhalt / Contents**

- Bayes'sche und andere Entscheidungsregeln
- Überwachte Lernverfahren: Parametrische (Maximum Likelihood, Bayes'sches Lernen) und nichtparametrische Verfahren (Parzen-Fenstermethode)
- Lineare Dimensionsreduktion (PCA, LDA)
- Lineare Klassifikatoren, Support Vector Machines
- Neuronale Netze (Multilayer Perceptron)
- Unüberwachte Lernverfahren (Mischungsverteilungen, Clusterverfahren)
- Allgemeine Überlegungen (Bias-Varianz Dilemma, Minimum Description Length Prinzip, etc.)
  
- *Bayesian and other decision rules*
- *Supervised learning: parametric (Maximum Likelihood, Bayesian Learning) and non-parametric (Parzen window method)*
- *Dimensionality reduction (PCA, LDA)*
- *Linear classifiers, Support Vector Machines*
- *Neural networks (Multilayer Perceptron)*
- *Unsupervised learning (mixture densities, clustering techniques)*
- *General considerations (Bias-Variance dilemma, minimum description length principle etc.)*

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

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

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

- Für ein vorgegebenes Mustererkennungsproblem eine geeignete Entscheidungsregel auszuwählen
- Methoden des überwachten und unüberwachten Lernens auf neue Problemstellungen anzuwenden und die Ergebnisse des Lernens kritisch zu bewerten
- Parametrische und nichtparametrische Dichteschätzverfahren für unterschiedlichste Eingangsdaten zu entwickeln
- Können Programmbibliotheken zur Realisierung von Klassifikatoren (z.B. neuronale Netze, Support Vector Machines) sinnvoll anwenden
- Für eine vorgegebene Trainingsdatenmenge einen sinnvolle Wahl für die Dimension des Merkmalsvektors und die Komplexität des Klassifikators zu treffen.

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

- *Choose an appropriate decision rule for a given classification problem*
- *Apply supervised or unsupervised learning techniques to data of various kinds and critically assess the outcome of the learning algorithms*
- *Work with dedicated pattern classification software (e.g., for artificial neural networks, support vector machines) on given data sets and optimize parameter settings*

- *Find, for a given training set size, an appropriate choice of classifier complexity und feature vector dimensionality*

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

Die Studierenden

- Haben weitreichende Fertigkeiten in Matlab erworben, die sie auch außerhalb der Realisierung von Klassifikationsverfahren einsetzen können
- Haben ein Verständnis für das Prinzip der Parsimomität und können es auf andere Fragestellungen übertragen
- Können die in diesem Kurse gewonnenen Kenntnisse und Fertigkeiten auf andere Disziplinen übertragen
- Können in einer Gruppe umfangreichere Aufgabenstellungen gemeinsam analysieren, in Teilaufgaben zerlegen und lösungsorientiert bearbeiten

*The students*

- *Have gathered sufficient proficiency in Matlab, well beyond what is needed to realize pattern classification techniques*
- *Can assess the importance of the principle of parsimony and are able to transfer it to other*
- *Are able to apply the knowledge and skills learnt in this course to a wide range of disciplines*
- *Can work cooperatively in a team and subdivide an overall task into manageable subtasks and work packages*

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET*

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

Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.

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

**Modulseite / Module Homepage**

<http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/statistical-methods-for-learning-and-pattern-recognition/>

### Methodische Umsetzung / Implementation

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig Trainings- und Testdaten generieren, Lösungswege erarbeiten und Lernverfahren oder Klassifikatoren implementieren, testen, sowie Ergebnisse auswerten
  
- *Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, occasional presentations of (powerpoint) slides ,*
- *Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer and*
- *Implementation of learning and classification algorithms on a computer by the students themselves; use of algorithms on real-world data or data generated on the computer, evaluation of the simulation results*

### Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature

Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Lösungen der Übungsaufgaben und Beispielimplementierungen von Algorithmen werden zur Verfügung gestellt.

*Course script and summary slides are provided to the students. Exercises and solutions to exercises, as well as sample implementations of algorithms are provided to the students*

- R.O. Duda, P.E. Hart, D.G.~ Stork, Pattern Classification, Wiley, 2001
- K. Fukunaga, Introduction to Statistical Pattern Recognition, Academic Press, 1990

### III.3.3 Kommunikationstechnik

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



<p>Lernziele / <i>Learning objectives</i></p>	<p>Kommunikationstechnik beschäftigt sich nicht nur mit der Darstellung, Codierung, Übertragung und Speicherung von Information, sondern auch mit deren Analyse und Interpretation.</p> <p>Es wird erwartet, dass die Studierenden bereits grundlegende Kenntnisse der Übertragungstechnik aus einem vorangegangenen Bachelorstudium aufweisen. Durch Auswahl entsprechender Wahlpflichtmodule aus dem angebotenen Katalog haben sie Gelegenheit, vertiefende Kenntnisse in verschiedenen Bereichen der Kommunikationstechnik zu erwerben. Das angebotene Fächerspektrum umfasst Themen aus den Bereichen Hochfrequenztechnik, Kommunikationsnetze und -systeme, digitale Signalverarbeitung, sowie Sprach- und Bildverarbeitung.</p> <p><i>Communications Engineering is not only concerned with the representation, coding, transmission and storage of information, but also with the analysis and interpretation. It is expected that students are familiar with a basic knowledge of communications technology from their prior Bachelor studies. By choosing Modules from the catalogue they can deepen their expertise in different fields, such as high-frequency technology, communication networks and systems, digital signal processing and speech or image processing.</i></p>
---	---

### Elektromagnetische Feldsimulation

<b>Elektromagnetische Feldsimulation</b> <i>Simulation of Electromagnetic Fields</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24006	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation: 2V+2Ü (60h / 120h / P / 0) / L.048.24006 <i>Simulation of Electromagnetic Fields: 2L+2Ex (60h / 120h / C / 0)</i>			

<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Modulen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p>Die Veranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation bietet eine Einführung in moderne Simulationsverfahren für elektromagnetische Feldprobleme. Im Mittelpunkt steht mit der Methode der Finiten Integration (FIT) ein moderner, sehr effizienter und erfolgreicher Ansatz aus der Klasse der gitterbasierten Verfahren. Es können Feldprobleme der Statik, Quasistatik und schnellveränderliche Felder (elektromagnetische Wellen) bei nahezu beliebiger Materialverteilung behandelt werden. Die Modellierung mit FIT führt dabei auf algebraische 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.</p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>Die Vorlesung Elektromagnetische Feldsimulation gliedert sich wie folgt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivation</li> <li>• Klassifizierung von Lösungsmethoden</li> <li>• Numerische Ansätze</li> </ul> </li> <li>- Grundlagen der Methode der finiten Integration <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gitter-Maxwellgleichungen</li> <li>• Eigenschaften der Diskretisierungsmatrizen</li> <li>• Randbedingungen</li> </ul> </li> <li>- Lösung elektromagnetischer Feldprobleme <ul style="list-style-type: none"> <li>• Statische Felder</li> <li>• Zeitveränderliche Felder</li> <li>• Zeitharmonische Felder (Frequenzbereich)</li> <li>• Transiente Felder (Zeitbereich)</li> </ul> </li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p>

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

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

Die Studierenden

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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, MA LABKET

*EMA, WGMAET, MA LABKET*

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

Sievers, Denis, Dr.-Ing.

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

**Modulseite / Module Homepage**

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

### **Methodische Umsetzung / Implementation**

Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, in der zugehörigen programmierpraktischen Übung werden für einfache Problemstellungen der

Simulationstechnik kleine Matlab-Programme erstellt.

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

Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb

Hochfrequenztechnik

<b>Hochfrequenztechnik</b> <i>High Frequency Engineering</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24007, M.048.92002	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch und Englisch / <i>German and English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24007 Hochfrequenztechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92002 High Frequency Engineering: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Diese Vorlesung vermittelt anwendungsorientierte Kenntnisse in der Hochfrequenztechnik. Ferner werden Kenntnisse über aktive und passive Hochfrequenzschaltungen vermittelt. <i>This lecture gives application-oriented knowledge in high frequency engineering. Furthermore, it gives knowledge in active and passive high-frequency circuits.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Die Veranstaltung <b>Hochfrequenztechnik</b> (4 SWS, 6 Leistungspunkte) erweitert das in der Veranstaltung Theoretische Elektrotechnik erworbene Wissen um weitere anwendungsrelevante Anteile. Ziel ist es, die Hörer für Entwicklungsarbeiten z.B. im hochfrequenten Teil eines Mobiltelefons zu befähigen. Gesichtspunkte der Hochfrequenztechnik sind aber auch schon in gängigen Digitalschaltungen zu berücksichtigen. Die Schwerpunkte der Veranstaltung sind passive Baugruppen, Hochfrequenzeigenschaften der Transistorgrundschaltungen, lineare und nichtlineare Verstärker, rauschende Mehrere, Mischer, Oszillatoren, Synchronisation und Phasenregelschleife. <i>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</i>			

*properties of fundamental transistor circuits, linear and nonlinear amplifiers, noisy multiports, mixers, oscillators, injection-locking and phase-locked loop*

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

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

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang die Funktionsweise von Komponenten, Schaltungen und Systemen der Hochfrequenztechnik zu verstehen, diese zu modellieren und anzuwenden.

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

Die Studierenden

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

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

*After attending the course, the students will be able, in the taught extent, to understand the function of components, circuits and systems of high-frequency engineering, to model and to apply them.*

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

*The students*

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a> <b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Vorlesung und Übung <i>Lecture and exercise</i> <b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): <i>Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Thiede, A.: Skriptum Hochfrequenzelektronik/High-Frequency Electronics, Universität Paderborn</li> <li>• Sze, S. M.: High Speed Semiconductor Devices, John Wiley &amp; Sons, 1990</li> <li>• Herbst, L. J.: Integrated Circuit Engineering, Oxford University Press, 1996</li> <li>• Yip, P. C. L.: High-Frequency Circuit Design and Measurement, Chapman &amp; Hall, 1996</li> <li>• Gonzalez, G.: Microwave Transistor Amplifiers, Prentice Hall, 1997</li> <li>• Hoffmann, M.: Hochfrequenztechnik, Springer, 1997</li> </ul>

### Optimale und adaptive Filter

<b>Optimale und Adaptive Filter</b> <i>Optimal and Adaptive Filters</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24010, M.048.92011	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24010 Optimal and Adaptive Filters: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92011 Optimal and Adaptive Filters: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Digitale Signalverarbeitung. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics and Digital Signal Processing</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			

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

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

### **Inhalt / Contents**

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

- *Least-Squares method*
- *Blockwise and recursive 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 / Domain competence:**

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

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

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

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

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

Die Studierenden

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

*The students*

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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



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

Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik

<b>Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik</b> <i>Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24023	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24023 Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP)			

/ 0) L.048.24023 Selected Topics in Theoretical Electrical Engineering: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Vorkenntnisse aus dem Pflichtmodul Theoretische Elektrotechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p>Die Veranstaltung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik erweitert und vertieft das in der Pflichtveranstaltung Theoretische Elektrotechnik erworbene Wissen über die elektromagnetische Wellenausbreitung im Freiraum und auf Wellenleitern um ausgewählte Themengebiete. Aufbauend auf der Theorie längshomogener Wellenleiter werden die Systembeschreibung mittels Streuparameter sowie die Mode-Matching-Methode praktisch motiviert und wellentheoretisch behandelt. Ein weiterer thematischer Schwerpunkt bildet die Greensche-Methode zur mathematischen Lösung von Randwertproblemen, die ausführlich hergeleitet und auf elektromagnetische Feldprobleme angewandt wird.</p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>Die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der theoretischen Elektrotechnik gliedert sich wie folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Theorie der Eigenwellen und deren Anwendung in der Streuparametertheorie <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ez-Hz-Feldansatz für längshomogene Wellenleiterstrukturen</li> <li>○ Systembeschreibung mittels Streumatrizen</li> <li>○ Grundlagen der Mode-Matching-Methode</li> </ul> </li> <li>• Die Greensche Methode in der elektromagnetischen Feldtheorie <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Greensche Funktionen und deren Bestimmung</li> <li>○ Die Aperturfeldmethode in der Antennentheorie</li> <li>○ Lösung physikalischer Feldprobleme mittels Greenscher Funktionen</li> </ul> </li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache elektromagnetische Feldprobleme mathematische zu beschreiben (Modellbildung)</li> <li>• eine geeignete analytische Lösungsmethode auszuwählen und anzuwenden (Lösung)</li> <li>• die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu deuten (Interpretation)</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen</li> <li>• erlernen Strategien zum Wissenserwerb durch Literaturstudium und Internetnutzung,</li> <li>• erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / Final modul exam

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

<b>Feldberechnung mit der Randelementmethode</b> <i>Field Computation Using Boundary Element Method</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24013	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24013 Feldberechnung mit der Randelementmethode: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) <i>L.048.24013 Field Computation Using Boundary Element Method: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Modulen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Im Mittelpunkt der Lehrveranstaltung Feldberechnung mit der Randelementmethode steht ein Diskretisierungsverfahren, das bevorzugt in der Antennentechnik zur Lösung von Abstrahlungsproblemen sowie in der Radartechnik zur Analyse von Streuobjekten eingesetzt wird. Aus den numerisch ermittelten Ergebnissen sind schließlich wichtige Kenngrößen wie beispielsweise die Richtcharakteristik von Antennen oder der Rückstreuquerschnitt von Radarzielen ableitbar. Ziel der Vorlesung ist die Vermittlung des theoretischen Grundwissens über die Randelementmethode unter Berücksichtigung anwendungsbezogener Aspekte, wobei das Hauptaugenmerk auf den Einsatz in der Ingenieurspraxis gerichtet ist.			
<b>Inhalt / Contents</b> Die Vorlesung Feldberechnung mit der Randelementmethode gliedert sich wie folgt: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung (Motivation, Mathematische Grundlagen)</li> <li>2. Integralgleichungsmethode (Darstellungsformeln für elektromagnetische Felder, Oberflächenintegralgleichungen)</li> <li>3. Mathematische Modellbildung (Formulierung von Antennen-, Streu- und Eigenwertproblemen, Anregungsformen, Berechnung von Rückstreuquerschnitten und Antennenparametern)</li> <li>4. Diskretisierung mittels Momentenmethode (Prinzip von Projektionsverfahren, Basisfunktionen)</li> <li>5. Berechnung der Matrixbeiträge (Numerische Integration, Behandlung singulärer Integrale)</li> <li>6. Aspekte bei der Lösung des diskreten Modellproblems (Lösungsstrategien, Matrixkompressionsverfahren)</li> </ol>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			

**Fachkompetenz / Domain competence:**

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

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

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

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

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, MA LABKET

*EMA, WGMAET, MA LABKET*

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

Sievers, Denis, Dr.-Ing.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://tet.upb.de/>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, die von einer

programmierpraktischen Übung begleitet wird, in welcher die vorgestellten Algorithmen auf einem Computer umgesetzt und anhand einfacher Praxisbeispiele erprobt werden.

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

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

Digitale Sprachsignalverarbeitung

<b>Digitale Sprachsignalverarbeitung</b> <i>Digital Speech Signal Processing</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24001, M.048.92041	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / German or English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24001 Digitale Sprachsignalverarbeitung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.24001 Digital Speech Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus dem Modul Höhere Mathematik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Prior knowledge from the module Higher Mathematics.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Veranstaltung führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur digitalen Sprachsignalverarbeitung ein. Schwerpunkt des ersten Teils der Vorlesung liegt im Themengebiet „Hören und Sprechen“, welches sich mit psychologischen Effekten der Geräuschwahrnehmung und der Spracherzeugung beschäftigt. Anschließend werden zeitdiskrete Signale und Systeme, sowie deren rechnergestützte Verarbeitung besprochen. Die nichtparametrische Kurzeitanalyse von Sprachsignalen, die Sprachcodierung und die IP-Telefonie sind weitere Themen.  <i>The course introduces the basic techniques and theories of digital speech signal processing. A focal point of the first part of the lecture is the topic “Listening and Speaking”, which is concerned with psychological effects of human sound perception and speech production. Subsequently, time discrete signals and systems, as well as computer based data processing are discussed. Further topics are non-parametric short-time analysis of speech signals, speech coding and IP-phones.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sprechen und Hören</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>o Spracherzeugung: menschliche Sprechorgane, Lautklassen, Quelle-Filter-Modell, Vocoder</li> <li>o Grundlagen Schallwellen</li> <li>o Hören: menschliches Hörorgan, Psychoakustik und Physiologie des Hörens, Lautheit, Verdeckung, Frequenzgruppen</li> <li>• Zeitdiskrete Signale und Systeme</li> <li>o Grundlagen: Elementare Signale, LTI-Systeme</li> <li>o Transformationen: Fouriertransformation zeitdiskreter Signale, DFT, FFT</li> <li>o Realisierung zeitdiskreter Filterung im Frequenzbereich: Overlap-Add, Overlap-Save</li> <li>• Statistische Sprachsignalanalyse</li> <li>o Grundlagen Wahrscheinlichkeitsrechnung</li> <li>o Kurzzeitanalyse von Sprachsignalen: Spektrogramm, Cepstrum</li> <li>• Schätzung von Sprachsignalen</li> <li>o Optimale Filterung</li> <li>o LPC-Analyse</li> <li>o Spektrale Filterung zur Rauschunterdrückung</li> <li>o Adaptive Filterung: LMS Adaptionsalgorithmus, Echokompensation</li> <li>• Sprachcodierung</li> <li>o Signalformcodierung, parametrische Codierung, hybride Codierverfahren</li> <li>o Codierung im Frequenzbereich</li> <li>o Amplitudenquantisierung: gleichförmige Quantisierung, Quantisierung mit Kompondierung (<math>\mu</math>law, alaw)</li> <li>• <i>Listen and talk</i></li> <li>o <i>Generating voice: human vocal tract, source filter model, vocoder</i></li> <li>o <i>Acoustic waves</i></li> <li>o <i>Listen: human ear, psycho acoustics and physiology of listening, loudness, acoustic occlusion, frequency groups</i></li> <li>• <i>Time-discrete signals and systems</i></li> <li>o <i>Basics: Elementary signals, LTI systems</i></li> <li>o <i>Transformations: Fourier transformation of time-discrete signals, DFT, FFT</i></li> <li>o <i>Time-discrete filtering in frequency domain: Overlap-Add, overlap-Save</i></li> <li>• <i>Statistical speech signal analysis</i></li> <li>o <i>Basics in theory of probabilities</i></li> <li>o <i>Short-run analysis of speech signals: Spectrogram, cepstrum</i></li> <li>• <i>Estimation of speech signals</i></li> <li>o <i>Optimal filters</i></li> <li>o <i>LPC analysis</i></li> <li>o <i>Spectral filtering for noise suppression: spectral subtraction, Wiener filter</i></li> <li>o <i>Adaptive Filters: LMS adaptation algorithm, echo compensation</i></li> <li>• <i>Speech coding</i></li> <li>o <i>Time domain coding: signal shape coding, parametric coding, hybride coding techniques</i></li> <li>o <i>Frequency domain coding</i></li> <li>o <i>Amplitude quantization: uniform quantization, quantization with companders (<math>\mu</math>law, alaw)</i></li> </ul>
---

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

### Fachkompetenz / *Domain competence:*

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

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

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

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

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

Die Studierenden

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

*The students*

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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET*

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

Schmalenströer, Jörg, Dr.-Ing.

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

**Modulseite / Module Homepage**

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

**Methodische Umsetzung / Implementation**

- Vorlesungen mit Tafelinsatz und Präsentationen,
- Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Übungsblättern und



<p>Rechnern und</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung</li> <li>• <i>Lectures using the blackboard and presentations,</i></li> <li>• <i>Alternating theoretical and practical exercise classes with exercise sheets and computer and</i></li> <li>• <i>Demonstration of real technical systems in the lecture hall.</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte  <i>Allocation of a script; information on textbooks ; matlab scripts</i></p>
--

### Elektromagnetische Feldsimulation

<b>Elektromagnetische Feldsimulation</b> <i>Simulation of Electromagnetic Fields</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24006	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24006 Elektromagnetische Feldsimulation: 2V+2Ü (60h / 120h / P / 0) / L.048.24006 <i>Simulation of Electromagnetic Fields: 2L+2Ex (60h / 120h / C / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Fundierte Kenntnisse aus dem Bereich der elektromagnetischen Feldtheorie, die in den Veranstaltungen "Feldtheorie", "Elektromagnetische Wellen" und "Theoretische Elektrotechnik" vermittelt werden Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Veranstaltung Elektromagnetische Feldsimulation bietet eine Einführung in moderne Simulationsverfahren für elektromagnetische Feldprobleme. Im Mittelpunkt steht mit der Methode der Finiten Integration (FIT) ein moderner, sehr effizienter und erfolgreicher Ansatz aus der Klasse der gitterbasierten Verfahren. Es können Feldprobleme der Statik, Quasistatik und schnellveränderliche Felder (elektromagnetische Wellen) bei nahezu beliebiger Materialverteilung behandelt werden. Die Modellierung mit FIT führt dabei auf algebraische 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 / Contents**

Die Vorlesung Elektromagnetische Feldsimulation gliedert sich wie folgt

- Einführung
  - Motivation
  - Klassifizierung von Lösungsmethoden
  - Numerische Ansätze
- Grundlagen der Methode der finiten Integration
  - Gitter-Maxwellgleichungen
  - Eigenschaften der Diskretisierungsmatrizen
  - Randbedingungen
- Lösung elektromagnetischer Feldprobleme
  - Statische Felder
  - Zeitveränderliche Felder
  - Zeitharmonische Felder (Frequenzbereich)
  - Transiente Felder (Zeitbereich)

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

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

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

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden

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

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET EMA, WGMAET, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Sievers, Denis, Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.tet.upb.de">http://www.tet.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert, in der zugehörigen programmierpraktischen Übung werden für einfache Problemstellungen der Simulationstechnik kleine Matlab-Programme erstellt.
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und Tafelanschrieb

## Wireless Communication

<b>Wireless Communications</b> <i>Wireless Communications</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24004, M.048.92035	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24004 Wireless Communication: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92035 Wireless Communication: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse im Bereich digitaler Kommunikationssysteme, wie sie im Bachelor Studium Elektrotechnik oder verwandter Fächer vermittelt werden Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Elementary knowledge digital communications, as is taught in Bachelor studies of Electrical Engineering or related disciplines</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Veranstaltung Wireless Communications vermittelt den Studierenden einen Einblick in die			

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

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

Dabei wird Wert gelegt auf eine anschauliche Herleitung der Empfängerprinzipien als Operationen in einem linearen Vektorraum

Außerdem wird ein Einblick in aktuelle zelluläre Funkkommunikationssysteme gegeben: GSM, UMTS und LTE.

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

#### **Inhalt / Contents**

- Überblick über Funkkommunikationssysteme
- Kanalmodellierung: langsames und schnelles Fading, nichtfrequenzselektive und frequenzselektive Kanäle, zeitdiskrete Kanalmodelle
- Zeitdiversität: Fehlerrate bei kohärentem und inkohärentem Empfang über nichtfrequenzselektiven Rayleigh-Funkkanal, Maximum Ratio Combiner
- Antennendiversität: Single input multiple output (SIMO), multiple input single output (MISO), multiple input multiple output (MIMO), Alamouti-Schema, Wiederholungscodierung vs. V-BLAST, suboptimale Empfänger
- Frequenzdiversität: Einträgerverfahren mit Entzerrung oder Sequenzdetektion, Bandspreizung mit Pseudozufallsfolgen, RAKE-Empfänger, Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM). Diskussion der Vor/Nachteile der verschiedenen Verfahren
- Aktuelle Funkkommunikationssysteme: Global System for Mobile Communication (GSM), Universal Mobile Telecommunication System (UMTS), Long Term Evolution (LTE)

#### *Channel models*

- *Large-scale fading and small-scale fading*
- *Path loss models and link budget*
- *Small-scale fading channel models: frequency non-selective and frequency selective fading, Doppler spread, Rayleigh- and Ricefading, Coherence time and delay spread*

#### *Detection*

- *Non-Coherent detection on a Rayleigh fading channel*
- *Coherent detection on a Rayleigh fading channel*

#### *Time Diversity*

- *Repetition coding*
- *Error rate computation*

#### *Space Diversity*

- *Receive diversity*
- *Transmit diversity*
- *MIMO*

#### *Frequency Diversity*

- *Single-carrier transmission with sequence detection or equalization*
- *Direct frequency spread spectrum*

- *Orthogonal frequency division multiplexing*

#### *Cellular Systems*

- *Narrowband cellular systems: GSM*
- *Wideband cellular systems: UMTS*
- *Wideband cellular systems: LTE*

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

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

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

- Für eine gegebene physikalische Beschreibung eines Funkkanals ein zeitdiskretes statistisches Modell herzuleiten
- Die im Physical Layer verwendeten Techniken und Algorithmen der Funkkommunikation zu erklären
- Die grundlegenden Entwurfsentscheidungen für eine zuverlässige Kommunikation über zeitvariante frequenzselektive und nichtfrequenzselektive Funkkanäle zu verstehen
- Die in modernen zellulären Funkkommunikationssystemen genutzten Techniken für eine zuverlässige Kommunikation zu erkennen und deren Bedeutung einzuordnen
- Die Vor- und Nachteile verschiedener Übertragungsverfahren bzgl. Bandbreite-, Leistungseffizienz und Kanalausnutzung gegenüberzustellen
- Geeignete Übertragungsverfahren für vorgegebene Randbedingungen auszuwählen und zu entwerfen
- einfache Kommunikationssystem unter Nutzung moderner Programmsysteme (Matlab) zu simulieren und zu analysieren

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

- *Develop a discrete-time statistical channel model for a given physical description of a wireless communication channel*
- *Explain the techniques and algorithms used in the Physical Layer of a wireless communication system*
- *Understand the fundamental design options and decisions taken to realize reliable communication over time variant and frequency selective or nonselective fading channel*
- *Appreciate and categorize the techniques used in modern cellular communication systems to realize reliable communication*
- *Trade off the advantages and disadvantages of different transmission techniques with respect to bandwidth and power efficiency as well as number of users to be served*
- *Select and design an appropriate transmission technique for a wireless channel*
- *Simulate and analyze simple communication systems using modern software tools*

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

Die Studierenden

- Können das Konzept linearer Vektorräume über das Thema dieser Vorlesung hinaus auf andere Bereiche der digitalen Signalverarbeitung anwenden
- Können die in diesem Kurse gewonnenen Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der Datengenerierung, Simulation und Analyse von Signalverarbeitungseinheiten mittels moderner Programmiersysteme auf andere Disziplinen übertragen
- Können in einer Gruppe umfangreichere Aufgabenstellungen gemeinsam analysieren, in Teilaufgaben zerlegen und lösungsorientiert bearbeiten

*The students*

- *Can transfer and apply the concept of linear vector spaces to signal processing tasks other than for wireless communications*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Can apply the skills about the generation of data, simulation of systems and analysis of experimental results using modern software tools, that have been acquired in this course, to other disciplines</i></li> <li>• <i>Can work cooperatively in a team and subdivide an overall task into manageable subtasks and work packages</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hüb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://nt.uni-paderborn.de">http://nt.uni-paderborn.de</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, sowie Folien-Präsentation</i></li> <li>• <i>Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner</i></li> <li>• <i>Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig zeitdiskrete Kanalmodelle realisieren, Übertragungsverfahren simulieren, Testdaten auswerten und Ergebnisse präsentieren</i></li> <li>• <i>Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, as well as presentations of (powerpoint) slides ,</i></li> <li>• <i>Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer and Implementation of discrete-time channel models and building blocks of a wireless communication system using modern software tools; evaluation and presentation of the simulation results</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Bereitstellung eines ausführlichen Skripts und stichwortartiger Zusammenfassungsfolien für jede Vorlesung. Bereitstellung vorgefertigter Vorlesungsfolien. Lösungen der</p>

Übungsaufgaben und Beispielimplementierungen von Algorithmen werden zur Verfügung gestellt.

*Course script and summary slides are provided to the students. Exercises and solutions to exercises, as well as sample implementations of algorithms are provided to the students*

- Hüb-Umbach, Reinhold: Wireless Communications (Lecture notes)
- D. Tse: Fundamentals of Wireless Communications, Cambridge University Press, 2006
- K.D. Kammeyer: Nachrichtenübertragung, Teubner, 2004
- P. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Springer/Vieweg 2013

## Videotechnik

<b>Videotechnik</b> <i>Video Technology</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24011	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / German
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24011 Videotechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.24011 Video Technology: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Digitale Signalverarbeitung und Übertragungstechnik  Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Digital Signal Processing and Transmission Techniques.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Veranstaltung „Videotechnik“ führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur Aufnahme, Verarbeitung und Wiedergabe von Bewegtbildern über klassische analoge und digitale Verteilwege ein. Aufbauend auf den Grundlagen der Bildfelderzerlegung werden zunächst Bandbreitebedarfe, Standardisierungsbedingungen und eingeführte Systeme erläutert. Bezogen auf die Grundlagen des Sehens wird die Farbmeterik und die analoge und digitale Farbcodierung erläutert. Farbaufnahmetechniken und moderne Wiedergabesysteme ergänzen die Theorie. Digitale Bildsignale mit entsprechenden Datenreduktionsmechanismen (MPEG) bilden die Grundlage der modernen Übertragungsmethoden nach dem DVB (Digital Video			

Broadcasting) Verfahren.

Die Prinzipien der magnetischen (VTR), optischen (DVD) und elektrischen Bildspeichersysteme werden erläutert. Auf 3-dimensionale Aufnahme- und Wiedergabetechniken wird eingegangen.

*The course "Video Technology" gives an introduction to the basic techniques and theories of taking, processing and reproduction of motion pictures and transmitting them via analogue and digital links. Starting with the basics of scanning necessary bandwidth and standards of intended systems are discussed. Depending on the colour vision system of the human eye science of colour and analogue and digital colour coding are described.*

*Electronic camera systems and modern reproduction sets complements the theory.*

*Digital picture transmission systems combined with data reduction (MPEG) are the main emphasis of modern transmission like DVB (Digital Video Broadcasting).*

*Video tape recording (VTR), optical (DVD) and electrical picture storing systems are described. New 3 dimensional picture taking and viewing will be shown.*

### **Inhalt / Contents**

- Grundlagen des Sehens, Farbmeterik / Colour vision System; Basic Principles of Colour
- Bildfeldzerlegung und Abtastung / Basics of Picture Scanning
- Das Videosignal, Normen, Grundlagen der Farbvideotechnik / Video Signal, Standards, Ba-sics of Colour Video Techniques
- Optisch-Elektrische Wandler, Digitalisierung / Electronic Cameras, Digitization
- Quellencodierung, Bilddatenreduktionsmethoden (MPEG) / Sourcecoding, Picture Data Reduction Systems
- Kanalcodierung und Übertragung, digitale Übertragungsmethoden (DVB) / Channelcoding and Transmission, Digital Transmission (MPEG)
- Empfängertechnik, Speicherprinzipien / Receivers and Storage
- 3-D Technologien / 3-D Technology

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

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

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

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

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

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

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

Die Studierenden

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

*The students*

- *able to check theoretical results using practical realizations,*
- *are able to undertake theoretical approaches a systematic analysis using methodical*



<p><i>procedures and</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>are, due to the precise treatment of the contents, in a position to continue their learning themselves</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Bock, G., Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://nt.upb.de/index.php?id=vt">http://nt.upb.de/index.php?id=vt</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Tafelinsatz und Präsentationen,</li> <li>• Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Tafelinsatz</li> <li>• Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung</li> <li>• <i>Lectures using the blackboard and presentations,</i></li> <li>• <i>Alternating theoretical and practical exercise classes with blackboard</i></li> <li>• <i>Demonstration of real technical systems in the lecture hall.</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Bereitstellung von elektronischen „Handouts“ auf CD.  Literatur:  1. Schönfelder, H  Fernsehtechnik im Wandel  Springer Verlag, Heidelberg 1996  2. Schiller, Martin et.al</p>

INTERNET: Werkzeuge und Dienste  
 Springer Verlag, Berlin 1994  
 3. Mäusl, R.  
 Digitale Modulationsverfahren  
 Hüthig-Verlag, Heidelberg 1985  
 4. Schönfelder, H.  
 Bildkommunikation  
 Springer Verlag, Heidelberg 1988  
 5. Jens-Rainer Ohm  
 Digitale Bildcodierung  
 Springer Verlag, Berlin 1995  
 6. Reimers, U. (Hrsg.)  
 Digitale Fernsehtechnik (4. Auflage)  
 Datenkompression und Übertragung für DVB  
 Springer Verlag, Berlin 1995 / 2008  
 7. Hentschel, H.J.  
 Theorie und Praxis der Lichttechnik  
 Hüthig-Verlag, Heidelberg 1982  
 8. Lang, H.  
 Farbmatrik und Farbsehen  
 Oldenbourg Verlag, München 1978  
 9. Tauer, Holger  
 Stereo 3D: Grundlagen, Technik und Bildgestaltung  
 Verlag Schiele& Schön, Berlin 2011

Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode

<b>Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode</b> <i>Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24018, M.048.92036	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / German or English (depending on demand)
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24018 Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92036 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Gute Kenntnisse der Maxwellgleichungen, ihrer Eigenschaften und Lösungen auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen". Mathematische Grundkenntnisse in			

Differentialgleichungen und Vektoranalysis.

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

*Detailed knowledge of the Maxwell Equations, their properties and solutions as taught in the course Fields&Waves. Mathematical basis knowledge on differential equations and vector analysis.*

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

#### **4 Inhalte / Contents**

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

Die Veranstaltung bietet eine Einführung in die fortgeschrittene und leistungsfähige numerische Methode der Discontinuous Galerkin Methode im Zeitbereich. Mit dieser lassen sich zeit-räumliche Phänomene wie elektromagnetische Feldausbreitung und andere durch partielle Differentialgleichungen beschreibbare Effekte effizient simulieren.

*This course provides an introduction to the sophisticated and powerful Discontinuous Galerkin method in time domain. With this numerical technique it is possible to describe spatiotemporal effects like electromagnetic field propagation and other physical models which can be described by partial differential equations.*

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

Inhalt

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

*Contents*

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

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

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

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

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

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

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

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

Die Studierenden

- lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,

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

*The students*

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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*

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

Grynko, Yevgen

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

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

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

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

<b>Topics in Signal Processing</b> <i>Topics in Signal Processing</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24017, M.048.92014	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24017 Ausgewählte Kapitel der Signalverarbeitung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.24017 Topics in Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Signal and system theory, at least a basic understanding of probability and linear algebra</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Diese Veranstaltung behandelt eine Auswahl von aktuellen Themen in der Signalverarbeitung. Ein Teil der Veranstaltung besteht aus regulären Vorlesungen, wohingegen der andere aktive Mitarbeit von Studenten voraussetzt.  <i>This course covers a selection of current topics in signal processing. One part of this course will follow a regular lecture format, while the other part will require active student participation.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> Zunächst werden in diesem Kurs relevante Aspekte aus der linearen Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie wiederholt. Danach werden Studenten angeleitet, aktuelle Veröffentlichungen aus der Signalverarbeitungsliteratur zu lesen, zu analysieren und dann auch zu präsentieren.  <i>This course will first review relevant aspects of linear algebra and probability theory. Then students will learn how to read, analyze, and present recent papers from the signal processing literature.</i>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
In dieser Veranstaltung werden Studenten mit aktuellen Forschungsthemen in der Signalverarbeitung vertraut gemacht. Studenten lernen, wissenschaftliche Veröffentlichungen zu verstehen und kritisch zu bewerten. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden.  <i>In this course, students will familiarize themselves with some current research topics in signal processing. They will learn to read and understand scientific publications and to critically evaluate results. Students will develop confidence in their ability to solve mathematical problems of analysis and design. They will be able to apply the principles they have learnt in</i>			

<i>this course to other areas.</i>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i> Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100% <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Schreier, Peter, Prof. Dr.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://sst.upb.de">http://sst.upb.de</a>  <b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Vorlesung und Übung mit aktiver Beteiligung der Studenten, Präsentationen von Studenten <i>Lectures and tutorials with active student participation, student presentations</i>  <b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben. <i>References will be given in the first lecture.</i>

<b>Optical Waveguide Theory</b> <i>Optical Waveguide Theory</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.24019, M.048.92038	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.24019 Optical Waveguide Theory: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.24019 Optical Waveguide Theory: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Grundlagen der Elektrodynamik (auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen"), Mathematische Grundlagen (Bachelor Niveau) Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Bachelor-level knowledge in electrodynamics and mathematics as taught in the course Fields&amp;Waves.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Dielektrische optische Wellenleiter sind Schlüsselemente heutiger integrierter optischer/photonischer Schaltkreise. Dieser Kurs bietet eine Einführung zur theoretischen Behandlung und eine Grundlage für weitergehende Modellierung, Simulation und Design von Wellenleitern. <i>Dielectric optical waveguides constitute key-elements of present-day integrated optical / photonic circuits. This course provides an introduction to their theoretical background, and, as such, a sound basis for further, more specific, modelling, simulation, and design work, as well as for experimental activities in the field.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photonik, integrierte Optik, dielektrische Wellenleiter: Beispiele, Motivation.</li> <li>• Kurze Wiederholung der benötigten mathematischen Hilfsmittel.</li> <li>• Maxwellgleichung in verschiedenen Formulierungen, Klassen von Problemen.</li> <li>• Normale Moden in dielektrischen optischen Wellenleitern, Orthogonalität, Vollständigkeit, Streumatrizen, reziproke Schaltkreise.</li> <li>• Beispiele für dielektrische optische Wellenleiter (Mehrschichtsysteme, integriert-optische Kanäle, Glasfasern), gebogene Wellenleiter, Whispering-Gallery Moden.</li> <li>• Coupled mode theory in konventioneller kodirektionaler, und hybrid analytischer/numerischer Variante, Störungstheorie für optische Wellenleiter.</li> <li>• Optional: Behandlung von Randbedingungen, Anfangsbedingungen (Strahlpropagations-Methode), Wellenleiter-Diskontinuitäten (BEP/QUEP Simulationen), Photonische-Kristall-Wellenleiter und -Fasern, plasmonische Wellenleiter.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Photonics / integrated optics, dielectric waveguides: introductory examples, motivation.</i></li> <li>• <i>Brush up on mathematical tools.</i></li> </ul>			

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

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

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

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

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

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

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

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

Die Studierenden

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

*The students*

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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



Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / <i>Prerequisites for participation in examinations</i></b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / <i>Prerequisites for assigning credits</i></b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / <i>Weighing for overall grade</i></b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / <i>Reuse in degree courses</i></b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / <i>Module coordinator</i></b>
Hammer, Manfred, Dr.
<b>13 Sonstige Hinweise / <i>Other notes</i></b>
<b>Modulseite / <i>Module Homepage</i></b> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/tet/">http://ei.uni-paderborn.de/tet/</a>
<b>Methodische Umsetzung / <i>Implementation</i></b> Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert; Übungen und Hausaufgaben vertiefen und ergänzen die Theorie. <i>The theoretical concepts will be presented as a lecture. The methods presented will be practiced in exercises classes and by means of homework assignments.</i>

### III.3.4 Mikroelektronik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Mikroelektronik <i>Micro Electronics</i>
Module / <i>Modules</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation</li> <li>• Test hochintegrierter Schaltungen</li> <li>• Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip</li> <li>• Technologie hochintegrierter Schaltungen</li> <li>• Hochfrequenzleistungsverstärker</li> <li>• Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen)</li> <li>• RFID Funketiketten</li> <li>• Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation</li> <li>• Analoge CMOS- Schaltkreise</li> <li>• Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Advanced VLSI Design</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6 pro Modul / 6 <i>per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	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.

Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation

<b>Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation</b> <i>Fast Integrated Circuits for Wireline Communications</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25019, M.048.90704	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25019 Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.90704 <i>Fast Integrated Circuits for Wireline Communications</i> : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Modul "Schaltungstechnik" des Bachelor Elektrotechnik oder Modul "Circuit and System Design" des Master "Electrical Systems Engineering" oder vergleichbare Module / Vorlesungen Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			

*Module "Schaltungstechnik" of the Bachelor Electrical Engineering or module "Circuit and System Design" of the Master "Electrical Systems Engineering" or comparable modules / lectures*

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

#### **4 Inhalte / Contents**

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

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.

*Nowadays commercial fiber-optic communication systems reach very high data rates of 100 Gb/s per optical channel and several Tb/s in a single fiber. In a similar way very high data rates of more than 10 Gb/s occur at a single package pin of electronic chips. These signals are to be transmitted over printed circuit boards and inexpensive serial cables. In the future the progress of CMOS technology and communication technology will push speed of fiber-optic and wire-line communication continuously to ever higher data rates.*

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

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

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

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

Die Vorlesung behandelt:

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

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

*The lecture deals with:*

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

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

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

Der Student wird in der Lage sein:

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

*The student will be able to:*

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

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

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

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Scheytt, Christoph, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/fast-integrated-circuits-for-wireline-communications/">https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/fast-integrated-circuits-for-wireline-communications/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Vorlesung mit Übungen (einschließlich rechnerunterstütztem Entwurf mit IC-Entwurfsssoftware) <i>Lecture with Exercises (including computer-aided design using electronic design software)</i>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Handouts und Literatur-Referenzen werden in der Vorlesung angegeben. <i>Handouts and literature references will be given in the lecture.</i>
<b>Bemerkungen / Comments</b> Im Rahmen der Vorlesung wird eine 2-tägige Exkursion zum IHP Leibnizinstitut für Innovative Mikroelektronik in Frankfurt (Oder) mit Besichtigung einer modernen Chipfertigung angeboten (Teilnahme ist freiwillig). <i>As part of the lecture a 2-day excursion to IHP Leibniz Institute for High-Performance Microelectronics in Frankfurt (Oder) is offered which includes the visit of a modern chip fabrication facility (participation in the excursion is voluntary).</i>

## Test hochintegrierter Schaltungen

<b>Test hochintegrierter Schaltungen</b> <i>VLSI Testing</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25005, M.048.92027	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25005 Test hochintegrierter Schaltungen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92027 VLSI Testing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Grundlagen der Technischen Informatik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Introduction to Computer Engineering (Digital Design)</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Lehrveranstaltung "Test hochintegrierter Schaltungen" behandelt systematische Verfahren zur Erkennung von Hardware-Defekten in mikroelektronischen Schaltungen. Es werden sowohl Algorithmen zur Erzeugung und Auswertung von Testdaten als auch Hardwarestrukturen zur Verbesserung der Testbarkeit und für den eingebauten Selbsttest vorgestellt.  <i>The course "VLSI Testing" focuses on techniques for detecting hardware defects in micro-electronic circuits. Algorithms for test data generation and test response evaluation as well as hardware structures for design for test (DFT) and on-chip test implementation (BIST) are presented.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlermodelle</li> <li>• Testbarkeitsmaße und Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit</li> <li>• Logik- und Fehlersimulation</li> <li>• Algorithmen zur Testmustererzeugung</li> <li>• Selbsttest, insbesondere Testdatenkompression und Testantwortkompaktierung</li> <li>• Speichertest</li> </ul>			

*In detail the following topics are covered:*

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

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

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

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

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

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

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

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

Die Studierenden können

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

*The students*

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.date.upb.de/pages/en/teaching.php?id=9">http://www.date.upb.de/pages/en/teaching.php?id=9</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Beamer und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> <li>• Praktische Übungen mit verschiedenen Software-Werkzeugen am Rechner</li>   <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</i></li> <li>• <i>Hands-on exercises using various software tools</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs <i>Additional material can be found in koala</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000</li> <li>• Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability,“ Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975</li> </ul>



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

<b>Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip</b> <i>Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25016, M.048.92007	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25016 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip: 2V + 2Ü (45 h / 135 h / WP / 0) <i>L.048.92007 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip: 2L + 2Ex (45 h / 135 h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Grundlagen der Technischen Informatik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. <i>Introduction to Computer Engineering</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Lehrveranstaltung "Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip" befasst sich mit aktuellen Ansätzen zum Test und zur Diagnose von integrierten Systemen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Algorithmen und Werkzeugen zur rechnergestützten Vorbereitung und Durchführung von Test und Diagnose. <i>The course "Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on Chip" deals with advanced topics in test and diagnosis of integrated systems. The focus is on algorithms and tools for computer-aided preparation and application of test and diagnosis procedures.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> Unter anderem werden die folgenden Themen behandelt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezielle Verfahren für den eingebauten Selbsttest und für den eingebetteten Test</li> <li>• Eingebaute Diagnose</li> <li>• Test robuster und selbstadaptiver Systeme</li> <li>• Adaptives Testen</li> </ul> <i>Topics include but are not restricted to:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Advanced techniques for built-in self-test and embedded test</i></li> <li>• <i>Built-in diagnosis</i></li> <li>• <i>Test of robust and self-adaptive systems</i></li> <li>• <i>Adaptive Testing</i></li> </ul>			

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

### Fachkompetenz / *Domain competence:*

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

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

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

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

### Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications:*

Die Studierenden können

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

*The students are able*

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

## 6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hellebrand, Sybille, Prof. Dr. rer. nat.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.date.upb.de/pages/en/teaching/homepage.php">http://www.date.upb.de/pages/en/teaching/homepage.php</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Beamer und Tafel</li> <li>• Selbstständige Ausarbeitung neuer Inhalte anhand aktueller Literatur</li> <li>• Präsentation der neuen Inhalte im Rahmen eines Fachvortrags und</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung</li> <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>Self-study on recent approaches based on recent conference and journal publications</i></li> <li>• <i>Oral presentation</i></li> <li>• <i>Manuscript</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs</li> <li>• <i>Lecture slides</i></li> <li>• <i>Additional material can be found in koala</i></li> <li>• Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Kluwer Academic Publishers, 2000</li> <li>• Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability,“ Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975</li> <li>• Artikel aus Fachzeitschriften und Konferenzbänden / Articles from Journals and Conference Proceedings (e.g. IEEE Transactions on Computers, IEEE Transactions on CAD of Integrated Circuits and Systems, IEEE International Test Conference, etc.)</li> </ul>

## Technologie hochintegrierter Schaltungen

<b>Technologie hochintegrierter Schaltungen</b> <i>Technology of highly integrated circuits</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25009	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25009 Technologie hochintegrierter Schaltungen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) <i>L.048.25009 Technology of highly integrated circuits: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)</i>			

<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Halbleiterprozesstechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p>Die Lehrveranstaltung „Technologie hochintegrierter Schaltungen“ behandelt die Grundlagen der Höchstintegration von Halbleiterschaltungen. Aufbauend auf den Standard CMOS-Prozess werden Probleme bei der Erhöhung der Packungsdichte sowie deren Lösungen vorgestellt. Hierbei werden die Lokale Oxidation, die SOI-Technik, LDD-Dotierungsprofile sowie Prozesserweiterungen zur Höchstintegration vermittelt. Anschließend werden Integrationstechniken für Bipolartransistoren erläutert.</p> <p><i>The course “Technology of highly integrated circuits” focuses on very large-scale integration of semiconductor devices. Starting from standard CMOS-Processing, problems of increasing the integration density and their solutions will be discussed. Here the Local Oxidation of Silicon, Silicon on Insulator, LDD-doping profiles and process steps for very large-scale integration are explained. Subsequently integration techniques for bipolar transistors are illustrated.</i></p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Oxidation von Silizium</li> <li>• MOS-Transistoren für die Höchstintegration</li> <li>• SOI-Techniken</li> <li>• Integrationstechniken für Bipolartransistore</li> <li>• Nanoskalige Transistoren</li> <li>• Weitere Transistor-Konzepte</li> </ul> <p><i>In detail the following topics are covered:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Local Oxidation of Silicon</i></li> <li>• <i>MOS-Transistors for very large-scale integration</i></li> <li>• <i>SOI-Technology</i></li> <li>• <i>Integration of Bipolar Transistors</i></li> <li>• <i>Nano Scale Transistors</i></li> <li>• <i>Other Transistor concepts</i></li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine geeignete Lokale Oxidationstechnik zur Integration von Transistoren auswählen und Schichtdicken zu berechnen.</li> <li>• Integrationstechniken für Transistoren mit Nanometer-Abmessungen zu beschreiben.</li> <li>• Transistorherstellung mit Hilfe der SOI-Technik erklären.</li> <li>• Prozesse für Schaltungen mit Bipolartransistoren zu planen.</li> <li>• Schaltungen in BiCMOS Technologie zu beschreiben.</li> </ul> <p><i>After attending the course, the students will be able</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to choose Local Oxidation of Silicon method for integration of transistors and calculate layer thicknesses</i></li> <li>• <i>to explain the integration of nano-scale transistors</i></li> <li>• <i>to explain transistor manufacturing with SOI-Technology.</i></li> <li>• <i>to develop processes for circuits with bipolar transistors.</i></li> <li>• <i>to explain circuits in BiCMOS-Technology.</i></li> </ul>

<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen,</li> <li>• ihre Lösungen den anderen Teilnehmern präsentieren und</li> <li>• die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.</li> </ul> <p><i>The students</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>are able to apply the practiced strategies for problem solving across varying disciplines,</i></li> <li>• <i>have experience in presenting their solutions to their fellow students, and</i></li> <li>• <i>know how to improve their competences by private study.</i></li> </ul>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p>
<p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</p> <p><i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p>
<p>Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.</p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b></p> <p><a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a></p>
<p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Projektor und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</i></li> </ul>

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides

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

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

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

## Hochfrequenzleistungsverstärker

<b>Hochfrequenzleistungsverstärker</b> <i>Radio Frequency Power Amplifiers</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25015, M.048.92025	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25015 Hochfrequenzleistungsverstärker: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92025 Radio Frequency Power Amplifiers: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie und Systemtheorie, Hochfrequenzelektronik. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electrical Engineering, Materials of Electrical Engineering, Semiconductor Devices, Signal Theory, System Theory, High-Frequency Electronics.</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über den Entwurf integrierter Hochfrequenzleistungsverstärker insbesondere für Anwendungen in der Mobilkommunikation und der Sensorik.  <i>The course provides basic knowledge on the design of integrated RF power amplifiers, in particular for mobile communication and sensor applications.</i>			

## **Inhalt / Contents**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Die Studierenden

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

*The students*

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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



## Theorie und Anwendung von Phasenregelkreisen

<b>Anwendung und Theorie von Phasenregelkreisen (PLL-Systemen)</b> <i>Application and theory of phase-locked loops (PLL Systems)</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M048.25018	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25018 Anwendung und Theorie von Phasenregelkreisen : 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0)			
<i>L.048.25018 Application and theory of phase-locked loops: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
System-, Regelungs- und Nachrichtentechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>System theory, control and communication engineering</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Ziel des Moduls ist es, Studierenden einen Einblick in das komplexe und nichtlineare Verhalten eines Phasenregelkreises zu gewähren. Hinzukommend sollen dabei die theoretischen Aspekte anhand wichtiger Anwendungen der Regelschleife für die Nachrichtentechnik, Messtechnik und Energietechnik (Modulation, Demodulation und Frequenzsynthese) dargelegt werden. Der Studierende wird sehr eingehend mit den grundlegenden Problemen eines Digital-Analog-Systems konfrontiert. Im Zuge dieser Betrachtung werden verschiedene Modellierungen erarbeitet und gegenübergestellt. Besonderer Wert wird auf eine praxisbezogene Analyse, sowie ein praxisbezogenes Design der untersuchten Schaltungen gelegt. Durch die Simulation des nichtlinearen Systems soll das grundlegende Verständnis solcher Strukturen erworben werden. Neben der Erarbeitung der Konzepte und einer Übung zur Vertiefung der Theorie sollen verschiedene Verfahren/Algorithmen in Matlab implementiert werden.</p> <p><i>The aim of this module is to deliver insight into the complex and nonlinear behavior of a phase locked loop. Furthermore the theoretical basis of important aspects of the control loop applications for communications, instrumentation and energy technology (modulation, demodulation and frequency synthesis) will be demonstrated. The student is confronted with the fundamental problems of a digital-analog system. As part of this consideration different models will be developed and compared. Particular emphasis is placed on a practical analysis, and a practical design of the tested circuits. By simulating the nonlinear system the basic understanding of such structures shall be acquired. In addition to the theoretical basics different methods and algorithms shall be implemented by the students using Matlab.</i></p>			

**Inhalt / Contents****Aufbau und Eigenschaften eines Phasenregelkreises**

- Grundlagen des Phasenregelkreises (PLL)
- Analoge und digitale Bausteine der PLL
- Modell

- Schaltende Differentialgleichung
- Linearisierung
- Ereignisgesteuerte Modellierung

**Design eines Frequenz Synthesizers**

- Allgemeine Randbedingungen
- Konzepte zur Parameterbestimmung
- Design des spannungsgesteuerten Oszillators

*Structure and properties of a phase-locked loop*

- *Principles of phase-locked loop (PLL)*
- *Analog and digital modules of the PLL*
- *Model*

- *Switching differential equation*
- *Linearization*
- *Event-driven modeling*

*Design of a frequency synthesizer*

- *General conditions*
- *Concepts for parameter determination*
- *Design of the voltage controlled oscillator*

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

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

- den Phasenregelkreis und dessen Funktionsweise zu beschreiben,
- eine Frequenzsynthese, eine Phasen- und Frequenzmodulation und eine Taktsynchronisation mittels eines Phasenregelkreises durchzuführen,
- Mixed-Signal-Architekturen linear und nichtlinear zu modellieren und
- den Phasenregelkreis unter Berücksichtigung von Phasenrauschen, der Stabilität und der nichtlinearen Eigenschaften der Bauteile zu entwerfen,

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

- *to describe the architecture and the functionality of the phase-locked loop,*
- *to perform a frequency synthesis, a phase- and frequency modulation and a clock synchronization using a phase-locked loop,*
- *to model a mixed-signal system in a linear and nonlinear way and*
- *to design the phase-locked loop in regard to the phase noise, the nonlinear behavior and the stability.*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Dieses Modul stellt eine Vertiefung und Erweiterung der im Hauptstudium des Bachelor/Master-Studiengangs angebotenen Module Elektronik, Regelungstechnik, Systemtheorie und Digitale Signalverarbeitung dar. Insofern ist dieses Modul auch ein Beispiel für eine fächerübergreifende Vertiefung des Stoffes.

*This module provides a deepening and widening of the modules electronics, control engineering, system theory, digital signal processing offered by the main study period of the bachelor's and master's degree. In this respect the described module is an example of the interdisciplinary deepening of the theoretical and practical aspects of the studies.*

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

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, MA LABKET

*EMA, WGMAET, MA LABKET*

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

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

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

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

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

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

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

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

- Best, R. E.: "Phase-Locked Loops - Design, Simulation and Application"
- Gardner, F.: "Phase-Locked Techniques"
- Encinas, J.: "Phase Locked Loops"
- Hedayat, C. D. and Hachem, A. and Leduc, Y. and Benbassat, G.: "High-Level Modeling Applied to the Second-Order Charge-Pump PLL Circuit"
- Acco, P. and Kennedy, M.P. and Mira, C. and Morley, B. and Frigiyk, B.: "Behavioral modeling of charge pump phase locked loops"

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

## RFID Funketiketten

<b>RFID-Funketiketten</b> <i>RFID transponders</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25011	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25011 RFID-Funketiketten: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.25011 RFID transponders: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Werkstoffe der Elektrotechnik Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Lehrveranstaltung „RFID-Funketiketten“ behandelt die physikalischen sowie datentechnischen Grundlagen der RFID-Technik. Ausgehend von physikalischen Prinzipien drahtloser Energie- und Datenübertragung werden die grundlegende Konzepte der Datenträger und Lesegeräte erläutert. Verschiedene Codierungen und Modulationsarten, die in verschiedenen Frequenzbereichen eingesetzt werden, werden ausführlich besprochen. Besonderer Wert wird auf der Datenintegrität und Sicherheit von RFID-Systemen gelegt. <i>The course "RFID transponders" focuses on the physical and technical aspects of the RFID technology. Starting from physical principles of wireless data transfer, the basic concept of data carrier, transponders and reader device will be explained. Additionally different aspects of data integrity and data safety of RFID systems are explained.</i>			

**Inhalt / Contents**

Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

- Unterscheidungsmerkmale von RFID Systemen
- Grundlegende Funktionsweise
- Codierung und Modulation
- Datenintegrität
- Sicherheit
- Lesegeräte
- Herstellung von Transpondern

*In detail the following topics are covered:*

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

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

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

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

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

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

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Studierenden können

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

*The students*

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

<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Projektor und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Prä-sentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li> <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>Exercises based on exercise sheets with students presenting their own solutions</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klaus Finkenzeller: RFID Handbuch</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite</li> </ul> <p><i>Additional links to books and other material available at the webpage</i></p>

## Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation

<b>Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation</b> <i>Integrated Circuits for Wireless Communications</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.25017, M.048.92028	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch und Englisch / German and English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25017 Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92028 Integrated Circuits for Wireless Communications: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Vorlesung Schaltungstechnik bzw. Circuit and System Design Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Lecture Schaltungstechnik rsp. Circuit and System Design</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> 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 moderner Chip-Entwurfsoftware durchgeführt. <i>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.</i> <i>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.</i> <i>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</i>			

*problems another will be performed in small teams as a hands-on exercise using modern IC design software.*

### **Inhalt / Contents**

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

Die folgenden Themen werden behandelt:

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

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

*The following topics will be addressed:*

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

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

Die Studierenden sind nach Besuch der Vorlesung in der Lage,

- Architekturen und Schaltungen von drahtlosen Kommunikationssystemen zu beschreiben
- wesentliche Übertragungseigenschaften von Funksystemen zu beschreiben und zu berechnen
- Entwurfsmethoden anzuwenden, um integrierte Schaltungskomponenten für Funksysteme zu entwerfen

*The students will be able*

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



<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Scheytt, J. Christoph, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/integrierte-schaltungen-fuer-die-drahtlose-kommunikation/">https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/integrierte-schaltungen-fuer-die-drahtlose-kommunikation/</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Powerpoint-Präsentation und handschriftlichen Herleitungen auf Tablet und Beamer</li> <li>• Übung zum Teil als handschriftliche Rechenübung mit Tablet und Beamer, zum Teil als Praxisübung mit IC-Entwurf mittels moderner Chip-Entwurfssoftware</li> <li>• <i>Lecture with Powerpoint presentation and handwritten mathematical derivations using tablet and beamer</i></li> <li>• <i>Exercises partly as handwritten calculation exercises using tablet and beamer and partly as practical IC design exercises using modern IC design software</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Folien zur Vorlesungen und Übung werden über PAUL zur Verfügung gestellt.  <i>Lecture and exercise slides will be made available through PAUL system.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Behzad Razavi "RF Microelectronics", Prentice Hall, 2011</li> <li>• Thomas Lee "The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits", Cambridge University Press 2003</li> </ul>

## Analoge CMOS-Schaltkreise

<b>Analoge CMOS-Schaltkreise</b> <i>Analog CMOS ICs</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.25008, M.048.92015	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25008 Analoge CMOS-Schaltkreise: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92015 Analog CMOS ICs: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<p>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie und Systemtheorie. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <p><i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electrical Engineering, Materials of Electrical Engineering, Semiconductor Devices, Signal Theory, System Theory.</i></p> <p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse zur analogen Transistorschaltungstechnik mit besonderem Bezug zur CMOS-Technologie.</p> <p><i>The course provides basic knowledge on analogue circuit technology with particular regard to complementary MOS transistors.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Auf der Grundlage der vereinfachten sowie der erweiterten Kennlinientheorie des MOS-Transistors werden analoge Verstärkerschaltungen vorgestellt und zunächst hinsichtlich des Gleichstromverhaltens analysiert. Anschließend werden das Frequenzverhalten, das Rauschen, die Wirkung von Rückkopplungen, die Stabilität, die Nichtlinearität sowie die Auswirkungen fertigungstechnisch bedingter Asymmetrien betrachtet. Als weitere Schaltungen werden Oszillatoren, Referenzspannungsquellen und geschaltete Kapazitäten diskutiert. Die Lehrveranstaltung schließt mit Betrachtungen zur Modellierung und zum Layout der grundlegenden Bauelemente.</p> <p><i>Based on simplified as well as advanced current-voltage characteristics of MOS transistors, analogue amplifier circuits are introduced and analyzed with respect of its DC behavior. Next, frequency performance, noise, effects of feed-backs, stability, non-linearity, and impacts of fabrication related asymmetries are considered. Further circuits such as oscillators, reference</i></p>			

*voltage sources, and switched capacitors are discussed. The course concludes with remarks on modeling and layout issues of basic devices.*

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

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

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

- das Verhalten von analogen Schaltungen mit wissenschaftlichen Methoden zu analysieren
- und das so erworbene Wissen kreativ beim Schaltungsentwurf einzusetzen.

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

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

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

Die Studierenden

- können methodisches Wissen bei der systematischen Problemanalyse einsetzen,
- festigen erworbenes Grundlagenwissen durch Übung,
- entwickeln so ihre kreativen Fähigkeiten weiter
- und erwerben fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

*The students*

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*

<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,</li> <li>• Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters erarbeiten.</li> <li>• <i>Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies,</i></li> <li>• <i>Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Vorlesungsskript Universität Paderborn A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Lecture Script University Paderborn <ul style="list-style-type: none"> <li>• Razavi, B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw Hill. 2001</li> </ul>

Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits

<b>Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</b>			
<i>Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.25020	180	6	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25020 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits: 2V+2Ü (60h / 120h / WP / 0)			
<i>L.048.25020 Algorithms for Synthesis and Optimization of Integrated Circuits: 2L+2Ex (60h / 120h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			

<b>4 Inhalte / Contents</b>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p><i>The course provides the most remarkable features of digital synthesis, and explains the details of transforming hardware description languages into circuit descriptions. Besides, the major techniques for logic optimization are discussed, and then the efficient use of current design tools are exercised in practical sessions.</i></p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p><i>Hardware modeling languages</i></p> <p><i>High-level synthesis and optimization methods (i.e., scheduling and binding)</i></p> <p><i>Logic representation and optimization of two-level logic functions</i></p> <p><i>Data structures for logic synthesis (Binary decision diagrams)</i></p> <p><i>Representation and optimization of multiple-level logic networks (Algebraic methods, controllability and observability computation, and timing verification)</i></p> <p><i>Modeling and optimization of sequential logic networks (Retiming)</i></p> <p><i>Libraries and binding</i></p>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p><i>After attending this course, the students are able to:</i></p> <p><i>Select among the available optimization methods in design of a digital circuit</i></p> <p><i>Identify major problems in design of integrated circuits and recognize circuit design tradeoffs</i></p> <p><i>Examine current digital design tools and methods (e.g., Synopsys Design Compiler for ASIC, and ISE Xilinx for FPGA Implementation)</i></p>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, MA LABKET</p> <p><i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i></p>

<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Ghasemzadeh Mohammadi, Hassan, Dr.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Micheli, Giovanni De. Synthesis and optimization of digital circuits. McGraw-Hill Higher Education, 1994.

## Advanced VLSI Design

<b>Advanced VLSI Design</b> <i>Advanced VLSI Design</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.25021, M.048.92043	180	6	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.25021 Advanced VLSI Design: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) / L.048.92043 Dummy course: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Grundlagen der Digitaltechnik / Grundlagen des VLSI-Entwurfs Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Fundamentals of Digital Circuits / Fundamentals of VLSI Design</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über die moderne anwendungsorientierte Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese digitaler Systeme auf verschiedenen Abstraktionsebenen bis hin zum Chip-Layout. <i>The course provides basic knowledge about the modern application-oriented modeling, simulation, analysis, and synthesis of digital systems at different abstraction levels to chip layout.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b> Der Chipentwurf besteht in der heutigen Praxis aus der kombinierten Anwendung verschiedener Sprachen, Methoden und Werkzeuge zur Modellierung, Simulation und Synthese elektronischer Schaltungen. Entlang des modernen abstraktionsebenenbasierten Entwurfsflusses digitaler Systeme (Elektronische System Ebene bis hin zum Chiplayout) vermittelt die Veranstaltung grundlegendes Wissen der wesentlichen Beschreibungssprachen und ihrer Anwendung in Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese. Dies umfasst			

## Grundprinzipien und Anwendung der IEEE

Standard-System/Hardwarebeschreibungssprachen SystemVerilog, SystemC, Verilog und VHDL in Verbindung mit zusätzlichen Formaten wie z.B. SDF und UPF zur Annotation des Zeit- und Leistungsverhaltens. In der Anwendung werden die wesentlichen Prinzipien von Testumgebungen zur Simulation, der Zeit- und Leistungsanalyse, der Logiksynthese und des physikalischen Entwurfs digitaler Schaltungen. Die Übungen begleiten die Veranstaltung unter Verwendung kommerzieller Werkzeuge von Mentor Graphics, Synopsys und Cadence Design Systems.

*In today's practice, chip design consists of the combined application of various languages, methods, and tools for the modeling, simulation, and synthesis of electronic circuits. Along the modern abstraction-based design flow of digital systems (electronic system level to chip layout), the course provides basic knowledge of the main description languages and their application in modeling, simulation, analysis and synthesis. This includes basic principles and application of the IEEE standard system/hardware description languages SystemVerilog, SystemC, Verilog, and VHDL, in conjunction with additional formats, e.g., SDF and UPF for time and power annotation. For their application, the fundamental principles of test environments for simulation, timing and power analysis, logic synthesis and physical design of digital circuits. Exercises will provide hands-on labs based on commercial tools from Mentor Graphics, Synopsys and, Cadence Design Systems.*

## 5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences

### Fachkompetenz / Domain competence:

Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage

- einfache digitale Schaltungen auf verschiedenen Abstraktionsebenen zu modellieren, zu simulieren, zu analysieren und zu synthetisieren und
- die wichtigsten kommerziellen Werkzeuge in der Simulation, Analyse und Synthese digitaler Schaltungen anzuwenden.

*After the course students are able*

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

### Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:

Die Studierenden sind nach Besuch der Veranstaltung in der Lage

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

*After the course students are able*

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

## 6 Prüfungsleistung / Assessments

Modulabschlussprüfung / Final modul exam

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

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

<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Müller, Wolfgang, Dr.rer.nat.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/advanced-vlsi-design">www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/advanced-vlsi-design</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Beamer und White-Board</li> <li>• Übungen mit Übungsblättern am Computer</li>   <li>• <i>Lecture with LCD projector and white board</i></li> <li>• <i>Exercises with assignments and hands-on labs</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsfolien und Übungsblätter werden über PAUL zur Verfügung gestellt</li> <li>• IEEE Standard-Referenzhandbücher: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497</li> <li>• Einzelliteratur zu einzelnen Lehreinheiten</li>   <li>• <i>Lecture notes and exercise sheets will be provided via PAUL</i></li> <li>• <i>IEEE standard reference manuals: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497</i></li> <li>• <i>Specific references for individual teaching units</i></li> </ul>



## III.3.5 Optoelektronik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Optoelektronik <i>Optoelectronics</i>
Module / <i>Modules</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Nachrichtentechnik A</li> <li>• Optische Nachrichtentechnik C</li> <li>• Hochfrequenzelektronik</li> <li>• Optische Nachrichtentechnik B</li> <li>• Optische Nachrichtentechnik D</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6 je Modul
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Künftigen Ingenieurinnen und Ingenieuren der Elektrotechnik eröffnen sich nach erfolgreichem Studium der Module breite Betätigungsfelder mit enormer fachlicher Tiefe. Die vermittelten Theorien und Methoden der Feldtheorie, Wellen-Teilchen-Dualismus, Statistik, höchstfrequenten Mikroelektronik und integrierten Optik machen die Absolventen einerseits zu gefragten Spezialisten, liefern aber auch das Rüstzeug für Arbeiten in vielen verwandten Gebieten wie z. B. der Nachrichtentechnik, allgemeinen Mikroelektronik und Sensorik.</p> <p><i>The successful study of this module opens wide fields of operation with enormous professional depth to future electronic engineers. The theory and methods of the field theory, the wave-particle dualism, statistics, ultra-high frequency microelectronics on one side make absolvents to demanded specialists, on the other side give knowledge equipment for related fields like communications technology, microelectronics and sensorics.</i></p>

## Optische Nachrichtentechnik A

<b>Optische Nachrichtentechnik A</b> <i>Optical Communication A</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.26003, M.048.92019	180	6	Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26003 Optische Nachrichtentechnik A: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) <i>L.048.26003 Optical Communication A: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik A vermittelt Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Optischen Nachrichtentechnik und der hierbei verwendeten optischen Komponenten. <i>The lecture Optical Communication A gives basic knowledge in Optical Communication and the components used in this field.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Grundlagen (4 SWS, 6 Leistungspunkte): Maxwell-Gleichungen, Wellenausbreitung, Polarisation, dielektrische Schichtwellenleiter und kreiszylindrische Wellenleiter, Dispersion, Laser, Photodioden, optische Verstärker, Modulation, Signalformate, optische Empfänger, Rauschen, Regeneratoren, Wellenlängenmultiplex. Hier werden die wichtigsten Zusammenhänge vermittelt. <i>Fundamentals (4 SWS, 6 ECTS credit points): Maxwell's equations, wave propagation, polarization, dielectric slab and cylindrical waveguides, dispersion, laser, photodiodes, optical amplifiers, modulation, signal formats, optical receivers, noise, regenerators, wavelength division multiplex. Here the most important knowledge is taught.</i>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			
<b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b>			
Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und</li> <li>• Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden.</li> </ul>			

**Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden

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

***Fachliche Kompetenzen / Professional Competence***

*After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to*

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

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

*The students*

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

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET*

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

Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.

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

<http://ont.upb.de>

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

Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

*Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):*

- R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002
- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

## Optische Nachrichtentechnik C

<b>Optische Nachrichtentechnik C</b> <i>Optical Communication C</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26005, M.048.92021	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / German or English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26005 Optische Nachrichtentechnik C : 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92021 Optical Communication C: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Die Vorlesung und Übung Optische Nachrichtentechnik C vermittelt Kenntnisse über verschiedene optische Modulations- und Demodulationsverfahren. <i>The lecture Optical Communication C gives knowledge in various optical modulation and demodulation techniques.</i>			

**Inhalt / Contents**

Modulationsverfahren (4 SWS, 6 Leistungspunkte): Datenübertragung mit differentieller binärer und quaternärer Phasenumtastung und optischen Verstärkern, Polarisationsmultiplex, kohärente optische Datenübertragung, Synchrondemodulation, Asynchrondemodulation, kohärente Basisbandempfänger, Polarisationsdiversität, elektronische Kompensation optischer Verzerrungen wie z.B. elektronische Polarisationsregelung und elektronische Kompensation von Polarisationsmodendispersion und chromatischer Dispersion, Phasenrauschen, weitere Modulationsverfahren. Fortschrittliche Modulationsverfahren sind eine wichtige Möglichkeit zur Weiterentwicklung leistungsfähiger optischer Nachrichtenübertragungssysteme.

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

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang

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

**Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

Die Studierenden

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

**Fachliche Kompetenzen / Professional Competence**

*After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to*

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

**Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills**

*The students*

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

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b></p> <p>Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): <i>Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7</li> <li>• Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002</li> <li>• D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik</li> <li>• W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik</li> <li>• G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)</li> <li>• K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992</li> <li>• H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)</li> <li>• Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)</li> <li>• R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag</li> </ul>

## Hochfrequenzelektronik

<b>Hochfrequenzelektronik</b> <i>High-Frequency Electronics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26001, M.048.92017	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / <i>German or English (depending on demand)</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26001 Hochfrequenzelektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92017 High-Frequency Electronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<p>Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie, Systemtheorie und Einführung in die Hochfrequenztechnik.</p> <p>Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <p><i>Prior knowledge from the modules Higher Mathematics, Physics, and the Foundations of Electrical Engineering, Materials of Electrical Engineering, Semiconductor Devices, Signal Theory, System Theory, Introduction to High-Frequency Engineering.</i></p> <p><i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Lehrveranstaltung Hochfrequenzelektronik vermittelt für den Entwurf von integrierten Hochfrequenzschaltkreisen erforderliche Kenntnisse aus den Gebieten Bauelementephysik, Halbleitertechnologie, Hochfrequenzschaltungstechnik und Aufbautechnik. Neben der Vermittlung von neuem Spezialwissen integriert sie zuvor in einer Vielzahl von Veranstaltungen erworbenes Wissen und bereitet somit unmittelbar auf eine berufliche Tätigkeit in diesem Bereich vor.</p> <p><i>The course High-Frequency Electronics provides necessary knowledge for the design of integrated high-frequency circuits ranging from device physics, semiconductor technology, high-frequency engineering, and packaging technology. Besides conveying new specialized knowledge, skills developed by various other courses are integrated, and thus students are directly prepared for a professional life in the field.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Ausgehend von den physikalisch begründeten Eigenschaften verschiedener Halbleitermaterialsysteme werden Kenntnisse zur Funktion, Modellierung und Fertigung spezieller Hochfrequenztransistoren vermittelt. Anschließend werden für alle beim Entwurf eines Hochfrequenzverstärkers notwendigen Schritte die jeweils theoretischen Konzepte sowie das praktische Vorgehen erläutert. Danach werden als weitere Schaltungen</p>			

Breitbandverstärker, Oszillatoren und Mischer sowie digitale Grundsaltungen dargestellt. Als derzeit besonders interessante Anwendungen werden optoelektronische Datenübertragungssysteme, Mixed-Signal Systeme wie ADC, DAC, digitale Synthesizer und PLL's, sowie Millimeterwellentransceiver besprochen. Die Veranstaltung schließt mit einem Überblick der im Hochfrequenzbereich eingesetzten Aufbau- und Verbindungstechniken.

*Starting from physically founded properties of different semiconductor systems, knowledge about the function, modeling, and fabrication of special high-frequency transistors is conveyed. Subsequently, all necessary steps of a high-frequency amplifier design are explained with respect to theoretical concepts and practical implementation. After that, further circuits such as broad-band amplifiers, oscillators, mixers and digital gates are presented. As currently most interesting applications, optoelectronic data transmission systems, mixed-signal systems such as ADC, DAC, digital synthesizers and PLL's, as well as millimeter wave transceivers are discussed. The course closes with an overview of high-frequency assembling and packaging technologies.*

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

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

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

- die für eine konkrete Aufgabenstellung optimale Halbleitertechnologie auszuwählen,
- den Entwurf eines integrierten Hochfrequenzschaltkreises auszuführen
- und die gefertigten Komponenten zu charakterisieren.

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

- *select the most suitable semiconductor technology for a given problem,*
- *run the complete design process of a high-frequency integrated circuit,*
- *and to characterize fabricated samples.*

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

Die Studierenden

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

*The students*

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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*



<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html">http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,</li> <li>• Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters, teilweise unter Einsatz von CAD-Software erarbeiten.</li> <li>• <i>Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies,</i></li> <li>• <i>Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher, and partially using CAD software.</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> A. Thiede, High-Frequency Electronics, Vorlesungsskript Universität Paderborn <i>A. Thiede, High-Frequency Electronics, Lecture Script University Paderborn</i> Auf weiterführende und vertiefende Literatur wird in den jeweiligen Abschnitten des Vorlesungsskriptes verwiesen.  References to continuative and deepening literature can be found in the respective sections of the script.

## Optische Nachrichtentechnik B

<b>Optische Nachrichtentechnik B</b> <b>Optical Communication B</b>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26004, M.048.92020	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / German or English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26004 Optische Nachrichtentechnik B: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92020 Optical Communication B: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik B vermittelt Kenntnisse auf dem Gebiet der Modenkopplung in der Optischen Nachrichtentechnik und erklärt damit die Funktion vieler optischer Komponenten. <i>The lecture Optical Communication B gives some knowledge about mode coupling in Optical Communication and explains the function of many optical components.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Modenkopplung (4 SWS, 6 Leistungspunkte): Polarisationsmodendispersion, Modenorthogonalität, konstante und periodische, ko- und kontradirektionale Modenkopplung, Profile differentieller Gruppenlaufzeit, elektrooptischer Effekt. Die Funktion vieler passiver und aktiver optischer Elemente wird so erklärt, u.a. Amplituden- und Phasenmodulatoren, breitbandige und wellenlängenselektive Koppler, Bragg-Gitter, polarisationserhaltende Lichtwellenleiter, Polarisationstransformatoren, Entzerrer für Polarisationsmodendispersion und chromatische Dispersion. <i>Mode Coupling (4 SWS, 6 ECTS credit points): Polarization mode dispersion, moden orthogonality, constant and periodic, co- and counterdirectional mode coupling, profiles of differential group delay, electrooptic effect. The function of many passive and active optical elements is thereby explained, among others amplitude and phase modulators, broadband and wavelength-selective couplers, Bragg gratings, polarization-maintaining fibers, polarization transformers, equalizers for polarization mode dispersion and chromatic dispersion.</i>			

<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und</li> <li>• Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden.</li> </ul>
<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,</li> <li>• können methodenorientiertes Vorgehen bei der systematischen Analyse einsetzen und</li> <li>• sind durch die abstrakte und präzise Behandlung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden</li> </ul>
<p><b>Fachliche Kompetenzen / Professional Competence</b></p> <p><i>After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and</i></li> <li>• <i>apply knowledge of optoelectronics</i></li> </ul>
<p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills</b></p> <p><i>The students</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,</i></li> <li>• <i>are able to make use of a methodical procedure when undertaking systematic analysis and</i></li> <li>• <i>are, due to the abstract and precise treatment of the contents, in a position to continue and develop their learning themselves</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>

<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug): <i>Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7</li> <li>• Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002</li> <li>• D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik</li> <li>• W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik</li> <li>• G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)</li> <li>• K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992</li> <li>• H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)</li> <li>• Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)</li> <li>• R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag</li> </ul>

## Optische Nachrichtentechnik D

<b>Optische Nachrichtentechnik D</b> <i>Optical Communication D</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.26006, M.048.92022	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / German or English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.26006 Optische Nachrichtentechnik D: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92022 Optical Communication D: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			

#### 4 Inhalte / Contents

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

Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik D vermittelt Kenntnisse über nichtlineare optische Verzerrungen in Lichtwellenleitern, elektronische Detektion linearer Verzerrungen, außerdem Polarisationsverwürfelung.

*The lecture Optical Communication D gives knowledge about nonlinear optical effects in waveguides, their electronical detection, furthermore polarization scrambling.*

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

Ausgewählte Kapitel (4 SWS, 6 Leistungspunkte) in Optischer Nachrichtentechnik: Nichtlineare Verzerrungen in Lichtwellenleitern und ihre Polarisationsabhängigkeit, elektronische Detektion linearer optischer Verzerrungen, Polarisationsverwürfelung, ... . Nichtlineare Verzerrungen haben große Praxisbedeutung und sind schwierig zu beherrschen. Die Studenten sollten außerdem Themen ihrer Wahl vorbereiten und den anderen vortragen.

*Selected Topics (4 SWS, 6 ECTS credit points) in Optical Communication: Nonlinear distortions in glass fibers and their polarization dependence, electronic detection of linear optical distortions, 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

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

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang

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

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

Die Studierenden

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

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

*After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to*

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

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

*The students*

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

<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>          Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://ont.upb.de">http://ont.upb.de</a></p> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>          Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):  <i>Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• R. Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7</li> <li>• Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002</li> <li>• D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik</li> <li>• W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik</li> <li>• G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)</li> <li>• K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992</li> <li>• H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)</li> <li>• Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)</li> <li>• R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag</li> </ul>

### III.3.6 Prozessdynamik

Katalogname / <i>Name of catalogue</i>	Prozessdynamik <i>Process Dynamics</i>
Module / <i>Modules</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Regelungstechnik</li> <li>• Geregelte Drehstromantriebe</li> <li>• Advanced System Theory</li> <li>• Technische Akustik</li> <li>• Dynamic Programming and Stochastic Control</li> <li>• Mechatronik und elektrische Antriebe</li> <li>• Ultraschallmesstechnik</li> <li>• Mikrosensorik</li> <li>• Advanced Control Methods for Mechatronics</li> </ul>
Katalogverantwortlicher / <i>Catalogue advisor</i>	Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
Leistungspunkte / Credits ECTS	6 je Modul / <i>6 per module</i>
Lernziele / <i>Learning objectives</i>	<p>Der Katalog Prozessdynamik bietet im Rahmen der automatisierungstechnischen Lehre eine Spezialisierung, die ausgerichtet ist auf die Erstellung von mathematischen Modellen für dynamische Prozesse und die Entwicklung und den Einsatz von Methoden sowohl für die Analyse der Dynamik als auch für den Entwurf von Regelungen. Aufgrund der Bedeutung einer repräsentativen Informationsgewinnung für die Beherrschung dynamischer Prozesse werden spezielle Messmethoden (akustische und optische) zur Bestimmung physikalischer und technischer Prozessgrößen sowie die Anwendung stochastischer Methoden zur Charakterisierung von Prozessinformationen behandelt.</p> <p>Die erfolgreich Studierenden sind in der Lage, die für die Bearbeitung einer konkreten automatisierungstechnischen Aufgabenstellung geeigneten Methoden auszuwählen bzw. zu entwickeln und die den einzelnen Methoden anhaftenden Grenzen ihrer Anwendbarkeit zu erkennen.</p>

## Höhere Regelungstechnik

<b>Höhere Regelungstechnik</b> <i>Advanced Control</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27001, M.048.92037	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27001 Höhere Regelungstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92037 <i>Advanced Control</i> : 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<p>Bachelormodule zur Regelungstechnik und Systemtheorie werden vorausgesetzt- Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.</p> <p><i>Undergraduate-level systems theory and automatic control</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i></p>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Aufbauend auf Systemtheorie und Regelungstechnik Kurse im Bachelor Studium befasst sich dieser Kurs mit dem Entwurf von zeitdiskreten Regelungssystemen im Frequenzbereich und im Zustandsraum. Der Kurs richtet sich in erster Linie an Studenten der Ingenieurwissenschaften, er kann aber auch für Studenten der Physik und anderer Naturwissenschaften von Nutzen sein.</p> <p><i>This course builds on undergraduate-level systems theory and automatic control courses and focuses on the design of discrete-time control systems, using transfer function and state space methods. The course is primarily intended to serve engineering students, but can also be useful to students in physics and other natural sciences.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abtastung von Systemen</li> <li>• Frequenzbasierte Analyse von linearen zeitinvarianten Regelungskreisen (Eingrößensysteme): Empfindlichkeitsfunktionen, Stabilität, Modellunbestimmtheiten und Robustheit</li> <li>• Reglerentwurf via Polvorgabe und Youlaparametrierung</li> <li>• Stellgrößenbegrenzung und Anti-Windup-Maßnahme</li> <li>• dynamische Programmierung</li> <li>• linear-quadratische Regelung</li> <li>• Kalmanfilter</li> <li>• modelprädiktive Regelung</li> </ul>			



- *Discretisation of dynamical systems*
- *Analysis of linear time-invariant single input single output control loops using transfer function methods: Sensitivity functions, stability analysis, modelling errors and robustness,*
- *controller design via pole placement and Youla parameterisation*
- *Actuator constraints and anti-windup mechanism*
- *dynamic programming*
- *linear quadratic regulator*
- *Kalman filter*
- *model predictive control*

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

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

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

- das dynamische Verhalten von zeitdiskreten rückgekoppelten Systemen zu analysieren
- geeignete Regeleinrichtungen zu entwerfen

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

- *study the dynamics of discrete-time feedback systems*
- *design appropriate control systems*

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

Die Studierenden

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

*Students learn*

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Quevedo, Daniel, Prof. Dr.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b></p> <p><a href="http://control.upb.de/">http://control.upb.de/</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit überwiegendem Tafelinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern und Simulationen am Rechner</li>   <li>• <i>Lectures using blackboard and, at times, transparencies</i></li> <li>• <i>Tutorials with study guides and computer simulations</i></li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b></p> <p>Der Kurs basiert sich auf ausgewählte Teile der angefügten Literaturliste. Dazu werden Skript und Übungsblätter bereitgestellt.</p> <p><i>The course uses a selection of material from the books included in the list below. In addition, lecture notes and study guides are provided.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• K. J. Astrom and B. Wittenmark, Computer controlled systems. Theory and design. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, second ed., 1990.</li> <li>• G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Control System Design. Prentice-Hall, 2001.</li> <li>• J. B. Rawlings and D. Q. Mayne, Model Predictive Control: Theory and Design. Madison, WI: Nob Hill Publishing, 2009.</li> <li>• B. D. O. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1979.</li> <li>• K. J. Astrom, Introduction to Stochastic Control Theory. New York, N.Y.: Academic Press, 1970.</li> </ul>

## Geregelte Drehstromantriebe

<b>Geregelte Drehstromantriebe</b> <i>Controlled AC Drives</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.27013, M.048.92016	180	6	Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27013 Geregelte Drehstromantriebe: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92016 Controlled AC Drives: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Die Teilnehmer sollten ein Bachelormodul zu den Grundlagen elektrischer Antriebe bereits absolviert haben. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>It is strongly recommended that the students should have already finished a Bachelor course on the basics of electrical drives</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
Die Lehrveranstaltung führt ein in das Prinzip der flussorientierten Regelung von Drehstrommotoren, welches mittlerweile den Stand der Technik in der industriellen elektrischen Antriebstechnik darstellt. Im Gegensatz zur Veranstaltung aus dem Bachelorprogramm werden hier das dynamische Verhalten und die Regelungsstrukturen vertieft. Als wichtigste Beispiele werden der permanent erregte Synchronmotor und der Asynchronmotor behandelt.  <i>The course introduces the principle of flux-oriented control of three-phase AC motors, which is today's standard of electrical drives in industry. Unlike the course of the bachelor's program focus is put on the dynamics behavior and on the control structures. As most important examples, the permanent magnet synchronous motor and the induction motor are treated.</i>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drehstrommaschinen: Synchronmotor und Asynchronmotor (Aufbau, Wirkungsweisen, Modellierung, Ersatzschaltbilder, Kennlinien, Arbeitsbereiche)</li> <li>• Drehmoment und Drehzahl-Steuerung</li> <li>• Raumzeigertheorie (Grundwellenfelder, Koordinatentransformationen)</li> <li>• Prinzipien der flussorientierten Regelung</li> <li>• Strom-, Drehmoment- und Drehzahl-Regelung, Entwurfsmethoden, Direct Torque Control (DTC), Beobachter</li> <li>• Anwendungen aus Industrie, Straßen- und Schienenfahrzeugen</li> </ul>			

- *AC drives: Synchronous and induction motor (structure, basic physical effects, modeling, equivalent circuit diagrams, characteristic curves, operation areas)*
- *Speed and torque control*
- *Space vector theory (fundamental wave, coordinate transformation)*
- *Principles of flux-oriented control*
- *Closed-loop control of current, torque and speed, design methods*
- *Direct Torque Control (DTC)*
- *Observers*
- *Applications in industry, road and rail vehicles*

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

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

- Die Studenten verstehen der wichtigsten Arten von Drehstromantrieben und ihre Eigenschaften und sind in der Lage, selbstständig solche Antriebe auszuwählen und zu entwerfen.
- *The students will understand the most important types of AC drives, their properties and should be able to select and to design such drives by themselves.*

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

Die Studenten lernen

- die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen
- erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen
- erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

*The students learn*

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

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://ei.uni-paderborn.de/lea/">http://ei.uni-paderborn.de/lea/</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Teile der Veranstaltung werden als Rechnerübung durchgeführt. <i>Parts of the course are organized as computer-based exercises.</i>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. <i>Lecture notes, slides. Other literature will be given in the lecture</i>

## Technische Akustik

<b>Technische Akustik</b> <i>Technical Acoustics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27022	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27022 Technische Akustik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) <i>L.048.27022 Technical Acoustics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)</i>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			

<b>4 Inhalte / Contents</b>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p>Die Lehrveranstaltung Technische Akustik konzentriert sich auf die Vermittlung der Grundlagen der Akustik mit dem Schwerpunkten Modellierung und Simulation von Schallausbreitung.</p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>Die Vorlesung Technische Akustik behandelt folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akustische und Schallfeldkenngößen</li> <li>• Grundlagen der Wellenausbreitung</li> <li>• Hörakustik</li> <li>• Wellengleichungen</li> <li>• Modellierung</li> <li>• Elektro-akustische sowie akusto-elektrische Kopplungen</li> <li>• Analytische und numerische Simulation der Schallausbreitung</li> <li>• Materialdaten</li> <li>• Technische Schallquellen (Eigenschaften)</li> <li>• Schallfeldvisualisierung (zur Verifikation)</li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schallausbreitungsvorgänge in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen mathematisch zu beschreiben und mittels analytischer oder numerischer Simulation zu analysieren.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,</li> <li>• können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,</li> <li>• sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>

<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge,</li> <li>• Praktische Arbeit in Gruppen mittels Messtechnik im Labor</li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.

## Advanced System Theory

<b>Fortgeschrittene Systemtheorie</b> <i>Advanced System Theory</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.27018, M.048.92001	180	6	Wintersemester / <i>winter semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / <i>English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27018 Advanced System Theory: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92001 Advanced System Theory: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Voraussetzung sind Grundkenntnisse von Differentialgleichungen, linearer Algebra und Laplace-Transformation, wie sie in einer typischen Systemtheorie-Vorlesung auf Bachelorlevel behandelt werden. Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen. <i>Prerequisites are a basic understanding of differential equations, linear algebra, and Laplace</i>			

*transforms, as they are covered in a typical undergraduate course on system theory.  
Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.*

#### **4 Inhalte / Contents**

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

Aufbauend auf einem Systemtheorie Kurs im Bachelor Studium untersucht dieser Kurs das dynamische Verhalten von linearen Systemen mit größerem mathematischem Tiefgang. Der Kurs richtet sich in erster Linie an Studenten der Ingenieurwissenschaften, er kann aber auch für Studenten der Physik und anderer Naturwissenschaften von Nutzen sein.

*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.*

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

Systemmodelle und Differentialgleichungen, Zustandsraum- und I/O-Beschreibungen, Zusammenhang zwischen internen und externen Beschreibungen, Antwort zeitkontinuierlicher und -diskreter Systeme, Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Zustandsraumrealisierungen von externen Beschreibungen, Systeme mit Rückkopplung  
*System models and differential equations, state-space and I/O descriptions, relations between internal and external descriptions, response of continuous- and discrete-time systems, stability, controllability, observability, state-space realizations of external descriptions, feedback systems*

#### **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.*

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

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*



<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Schreier, Peter, Prof. Dr.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://sst.upb.de/teaching">http://sst.upb.de/teaching</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) <i>Lectures and exercises (including some computer simulations)</i>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> <i>Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture</i>

Dynamic Programming and Stochastic Control

<b>Dynamic Programming and Stochastic Control</b> <i>Dynamic Programming and Stochastic Control</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.27025, M.048.92042	180	6	Wintersemester / winter semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27025 Dynamic Programming and Stochastic Control: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92042 Dynamic Programming and Stochastic Control: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			

### 3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements

- Grundkenntnisse der Regelung zeitdiskreter Systeme, wie z. B. durch das Modul Regelungstechnik
- Einführungsmodul zu Wahrscheinlichkeitsrechnung und Zufallsprozessen, wie z. B. durch das Modul Stochastik für Ingenieure

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

- *Basic knowledge on control of discrete-time systems, e.g. as covered in the module Regelungstechnik*
- *An introductory module on probability and random processes, e.g. the module Stochastik für Ingenieure*

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

### 4 Inhalte / Contents

#### Kurzbeschreibung / Short Description

Dynamische Programmierung ist eine Methode zur Lösung von Entscheidungsproblemen, welche sich aus verschiedenen Abschnitten zusammensetzen, wobei das eigentliche Problem in verschiedene, einfacher zu handhabende Unterprobleme aufgeteilt wird. Derartige Methoden weisen vielfache Anwendungsmöglichkeiten auf, wie z.B. in der Optimierung, Steuerung und Regelung, Nachrichtentechnik und Machine Learning.

Dieser Kurs wird sich mit der Modellierung und Lösung sequentieller Entscheidungsprobleme unter Unsicherheit beschäftigen. Betrachtet werden sowohl Probleme mit endlicher, als auch mit unendlicher Anzahl von Abschnitten, sowie Fälle mit perfekter wie imperfekter Beobachtung des Systems. Die zur Lösung dieser Probleme benötigten numerischen Verfahren werden im Kursverlauf vorgestellt, wie z. B. suboptimale Verfahren bei großem Zustands- oder Handlungsraum.

*Dynamic programming is a method for solving decision making problems consisting of a number of stages, by breaking down the problem into simpler sub-problems. These methods have wide applicability in areas such as optimization, control, communications, and machine learning. This course will cover the modelling and solution of problems of sequential decision making under uncertainty.*

*We will consider problems with both a finite and an infinite number of stages, as well as cases with perfect and imperfect observations of the system. Numerical techniques for solving these problems will be described, including suboptimal methods for when the state and/or action spaces are large.*

#### Inhalt / Contents

Zu den im Verlauf des Kurses behandelten Themen gehören

- The dynamic programming principle and dynamic programming algorithm
- Problems with perfect state information
- Problems with imperfect state information
- Infinite horizon problems
- Suboptimal methods and approximate dynamic programming

Im Verlauf des Kurses werden Anwendungsbeispiele aus Themenbereichen der Steuerungs- und Regelungstechnik, Kommunikationstechnik, Signalverarbeitung und dem Machine Learning vorgestellt.

*Topics to be covered in this course will include:*

- *The dynamic programming principle and dynamic programming algorithm*
- *Problems with perfect state information*
- *Problems with imperfect state information*

- *Infinite horizon problems*
- *Suboptimal methods and approximate dynamic programming*

*Applications to problems in control, communications, signal processing and machine learning, including current research, will be given throughout the course.*

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

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

### **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

*Dynamic Programming and Stochastic Control*

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET*

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

Leong, Alex, Dr.

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

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

<http://controlsistemas.upb.de/en/lehre.html>

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

Vorlesungen und Übungen

*Lectures and exercises*

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

The main text will be:

- D. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol I, 3rd Ed, Athena Scientific, 2005

Some other material will be taken from:

- D. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol II, 4th Ed, Athena Scientific, 2012
- M. Puterman, Markov Decision Processes, John Wiley and Sons, 1994
- B. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering, Prentice-Hall, 1979,
- and various research papers.

## Mechatronik und elektrische Antriebe

<b>Mechatronik und elektrische Antriebe</b> <i>Mechatronics and Electrical Drives</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27006, M.048.92003	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27006 Mechatronik und elektrische Antriebe: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.92003 Mechatronics and Electrical Drives: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Bachelor-Kurs über die Grundlagen elektrischer Antriebe Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.  <i>Bachelor's course on basics of electrical drives</i> <i>Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b> Der Kurs erklärt und definiert zunächst den Begriff der Mechatronik als interdisziplinäres Gebiet zwischen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informationstechnik und zeigt verschiedene Anwendungsbeispiele. Als ein typisches mechatronisches Beispiel wird das Magnetlager ausführlich behandelt. Methodisch wird dabei mit Energieprinzipien gearbeitet. Als weitere mechatronische Beispiele werden der geschaltete Reluktanzmotor und der elektronisch kommutierten Gleichstrommotor besprochen.  <i>The course first explains and defines the term mechatronics as interdisciplinary area between electrical and mechanical engineering and information technology. Various application examples are shown. As a typical example, the magnetic bearing is comprehensively discussed. As a method, energy principles are applied. Further mechatronic examples address the switched reluctance motor and the electronically commutated DC motor.</i>			

**Inhalt / Contents**

- Einführung und Definition mechatronischer Systeme (Mechanik, Elektrotechnik, Informationstechnik)
- Grundstruktur mechatronischer Systeme (Energie-, Material-, Informationsflüsse, Regelkreis)
- Modellierung mit Hilfe von Energieprinzipien (innere Energie, Ergänzungsenergie)
- Modellierung und Berechnung von magnetischen Kreisen (Felder, Reluktanz, Induktivität, Fluss, Durchflutung)
- Ferromagnetische und permanentmagnetische Materialien (Magnetisierungskennlinie, Hysterese, Magnetisierungsverluste)
- Modellierung und Regelung eines mechatronischen Systems am Beispiel eines Magnetlagers
- Switched-Reluctance-Motor
- Gleichstrommotor
- Elektronisch kommutierter Gleichstrommotor
  
- *Introduction and definition of mechatronic systems*
- *Basic structure of mechatronic systems (flow of energy, material and information, control loop)*
- *Modeling based on energy principles (internal energy, co-energy)*
- *Modeling and computation of magnetic circuits (field, reluctance, inductance, flux, MMF)*
- *Ferromagnetic and permanent magnet materials*
- *Modeling and control of a mechatronic system taking a magnetic bearing as an example*
- *Switched reluctance motor*
- *DC motor*
- *Brushless DC motor (characteristics, structure, modeling, power electronics, control)*

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

- Verständnis von mechatronischen Systemen als das Zusammenwirken von elektro-magnetischen, mechanischen und informationsverarbeitenden Komponenten
- Systemmodellierung auf der Basis von Energieprinzipien
  
- *Understanding of mechatronic systems as interacting electromagnetic, mechanic and information processing components*
- *System modeling based on energy principles*

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

- Übertragung bekannter Prinzipien in andere Fachdisziplinen
- Erweiterung des Abstraktionsvermögens
- Funktionale Sichtweise
  
- *Application of known principles in different disciplines*
- *Extension of the ability to abstract*
- *Functional reflection*

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / None
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / None
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET <i>EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET</i>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://wwwlea.upb.de">http://wwwlea.upb.de</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> Ein Teil der Übungen wird als Rechnerübungen angeboten. <i>Parts of the course are organized as computer-based exercises.</i>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. <i>Lecture notes, slides. Other literature will be given in the lecture.</i>

### Ultraschallmesstechnik

<b>Ultraschallmesstechnik</b> <i>Ultrasonic measurement technology</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27015	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>

<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>
L.048.27015 Ultraschallmesstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.27015 Ultrasonic measurement technology: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>
Keine / None
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>
Keine / None
<b>4 Inhalte / Contents</b>
<p><b>Kurzbeschreibung / Short Description</b></p> <p>Die Lehrveranstaltung Ultraschallmesstechnik beschäftigt sich mit den Phänomenen der Ausbreitung mechanischer Wellen in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen. Darauf aufbauend werden die wichtigsten akustischen Messprinzipien zur Bestimmung akustischer Stoffkenngrößen, geometrischer und technischer Prozessgrößen sowie deren Anwendung in der Prozess- und Fertigungstechnik beschrieben. Die Anwendung von Schall und Ultraschall für die zerstörungsfreie Werkstoffdiagnostik sowie für die Ultraschall-Tomografie werden detailliert behandelt.</p> <p><b>Inhalt / Contents</b></p> <p>Die Vorlesung Ultraschallmesstechnik behandelt folgende Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akustische und Schallfeldkenngrößen</li> <li>• Grundlagen der Wellenausbreitung</li> <li>• Ultraschallsensordesign (experimentelle Realisierung)</li> <li>• Methoden zur Messung und Visualisierung von Ultraschallfeldern (Nadel- und Membranhydrophon, Schlierenmessplatz, Laservibrometrie...)</li> <li>• Messtechnische Methoden zur akustischen Materialdatenbestimmung (Schallgeschwindigkeit, Schallkennimpedanz...)</li> <li>• Anwendung von Ultraschall zur Zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (NDT) und Schallemissionsanalyse</li> <li>• Anwendung von Ultraschall und in der Prozessmesstechnik (Abstand, Durchfluss, Füllstand...)</li> </ul>
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultraschall einzusetzen, um akustische und nicht akustische Größen damit zu bestimmen.</li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend und bei komplexen Fragestellungen einsetzen,</li> <li>• können aufgrund einer systematischen Problemanalyse zielgerichtet Lösungen erarbeiten,</li> <li>• sind aufgrund der methodenorientierten Wissensvermittlung befähigt, sich selbst in tangierende Arbeitsgebiete einzuarbeiten.</li> </ul>

<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%  <i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET  <i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i></p>
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Henning, Bernd, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<p><b>Modulseite / Module Homepage</b>  <a href="http://emt.upb.de">http://emt.upb.de</a></p> <p><b>Methodische Umsetzung / Implementation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungen mit Folien-Präsentation umfangreicher Zusammenhänge</li> <li>• Praktische Arbeit in Gruppen mittels Messtechnik im Labor</li> </ul> <p><b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b>  Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung werden bekannt gegeben.</p>



## Mikrosensorik

<b>Mikrosensorik</b> <i>Micro Sensors</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.27016	<b>Workload (h)</b> 180	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 6	<b>Turnus / Regular cycle</b> Sommersemester / <i>summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 1-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27016 Mikrosensorik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0) L.048.27016 Micro Sensors: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<p>Die Lehrveranstaltung „Mikrosensorik“ behandelt Konzepte und Wirkprinzipien mikroelektronischer Sensoren. Das Arbeitsgebiet erstreckt sich von Temperatur- und Strahlungssensoren über chemische Sensoren wie die Lambdasonde im automotiven Bereich bis hin zu Magnetfeldsensoren, so dass ein breites Spektrum abgedeckt wird. Ebenfalls soll das Grundverständnis der Herstellung hybrider und integrierter Sensoren vermittelt werden.</p> <p><i>The course "Micro Sensors" bases on concepts and physical effects of microelectrical sensors. The work concerns temperature and radiation sensors, chemical sensors like the lambda sensor for automotive and magnetic sensors. Additionally basic knowledge about fabricating hybrid and integrated sensors is taught.</i></p>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
Im Einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellungsverfahren</li> <li>• Temperatursensoren</li> <li>• Sensoren für Kraft, Druck und Beschleunigung</li> <li>• Magnetfeldsensoren</li> <li>• Feuchtesensoren</li> <li>• Chemische Sensoren</li> </ul>			
<i>In detail the following topics are covered:</i>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fabrication processes</i></li> <li>• <i>Temperature sensors</i></li> <li>• <i>Sensors for forces, pressure and acceleration</i></li> <li>• <i>Magnetic sensors</i></li> <li>• <i>Humidity sensors</i></li> <li>• <i>Chemical sensors</i></li> </ul>			

<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>
<p><b>Fachkompetenz / Domain competence:</b></p> <p>Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Herstellungsverfahren mikroelektronischer Bauelemente zu verstehen und zu erklären</li> <li>• die Wirkprinzipien verschiedener Sensoren nachzuvollziehen und zu beschreiben</li> <li>• Anwendungsgebiete der unterschiedlichen Sensoren für reale Einsatzzwecke zuzuordnen</li> </ul> <p><i>After attending the course, the students will be able</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>to explain and understand fabrication processes of semiconductor technology,</i></li> <li>• <i>to describe the physical effects of different sensors</i></li> <li>• <i>to decide which application area to choose for the sensors</i></li> </ul> <p><b>Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:</b></p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungsspezifische Lösungen finden</li> <li>• die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen,</li> <li>• ihre Lösungen den anderen Teilnehmern in Übungen präsentieren und</li> <li>• die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.</li> </ul> <p><i>The students</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>are able to find solution for specific applications concerning sensors</i></li> <li>• <i>are able to apply the practiced strategies for problem solving across varying disciplines,</i></li> <li>• <i>have experience in presenting their solutions to their fellow students, and</i></li> <li>• <i>know how to improve their competences by private study.</i></li> </ul>
<b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b>
<p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 120-180 min oder 30-45 min oder 30 min / 100%</p> <p><i>Written or Oral Examination or Presentation / 120-180 min or 30-45 min or 30 min / 100%</i></p>
<b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b>
Keine / <i>None</i>
<b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b>
Keine / <i>None</i>
<b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b>
<p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.</p> <p><i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b>
<p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).</p> <p><i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
<p>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</p> <p><i>EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET</i></p>

<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>
<b>Modulseite / Module Homepage</b> <a href="http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre">http://Sensorik.uni-paderborn.de/lehre</a>
<b>Methodische Umsetzung / Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesung mit Projektor und Tafel</li> <li>• Präsenzübungen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer</li>   <li>• <i>Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard</i></li> <li>• <i>Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions</i></li> </ul>
<b>Lernmaterialien, Literaturangaben / Teaching Material, Literature</b> Vorlesungsfolien / Handouts of lecture slides <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hilleringmann: Mikrosystemtechnik</li> <li>• Elbel: Mikrosensorik</li> <li>• Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien auf der Webseite</li> </ul>
<i>Additional links to books and other material available at the webpage</i>

## Advanced Control Methods for Mechatronics

<b>Advanced Control Methods for Mechatronics</b>			
<i>Advanced Control Methods for Mechatronics</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b>	<b>Workload (h)</b>	<b>Leistungspunkte / Credits</b>	<b>Turnus / Regular cycle</b>
M.048.27024, M.048.92039	180	6	Sommersemester / summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b>	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b>	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b>
	1-3	1	Englisch / English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.27024 Fortgeschrittene regelungstechnische Verfahren in der Mechatronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0)			
L.048.92039 Advanced Control Methods for Mechatronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			

#### 4 Inhalte / Contents

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

Der Schwerpunkt der Veranstaltung liegt im fortgeschrittenen Reglerentwurf für geschlossene Regelkreise unter Berücksichtigung von Modellunsicherheiten und exogenen Störungen. Es werden sowohl zeitkontinuierliche als auch diskrete Analyse- und Entwurfsverfahren behandelt. Die behandelten Themengebiete umfassen parametrische robuste Regelung, optimale Steuerung, Seriensteuerung und iterative Lernalgorithmen. Anwendungsbereiche in der Mechatronik, wie Regelsysteme in der Fahrzeugtechnik, Hochpräzisions-Trackingsysteme und Rasterkraftmikroskopie, werden ebenfalls berücksichtigt. Die Übungen finden unter Verwendung von MATLAB/Simulink statt.

*This course focuses on advanced design for closed-loop linear control systems under model uncertainty and exogenous disturbances. In the course, both continuous- and discrete-time analysis and design techniques are treated. Topics include parametric robust control, optimal control, repetitive control and iterative learning algorithms. Mechatronic applications, including vehicle control systems, high-precision tracking systems, and atomic force microscope, will be considered. Students complement analytical treatment with exercises using MATLAB and Simulink.*

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

Wesentliche Inhalte der Vorlesung:

- Systematischer Entwurf von SISO LTI Reglern anhand von Frequenzvorgaben
- Entwurf von Regelungssystemen mit parametrischen Modellunbestimmtheiten
- Robuste LQ-Regelungen mit Ausgangsrückführung
- Entwurf der Regelungsstruktur
- Entwurf eines Beobachters für Störungen
- Repetitive Regelungen und iteratives Lernen

*The following topics are considered:*

- *Systematic design of SISO LTI controllers using frequency domain specifications*
- *Parametric robust control design*
- *Robust LQ control with loop transfer recovery*
- *Control architectures with preview*
- *Disturbance observer design*
- *Repetitive control and learning algorithms*

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

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

Durch die Vorlesung eignen sich Teilnehmer Wissen an über

- die Grundlagen parametrischer robuster Regelung
- die Grundlagen robuster optimaler Steuerung
- die Grundlagen von Hochpräzisionssteuerungen
- die Anwendung regelungstechnischer Algorithmen auf mechatronische Systeme

*After finishing the course, the attendants will*

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

**Fachübergreifende Kompetenzen / Key qualifications:**

Die Teilnehmer lernen

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

*The attendants will learn*

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

**6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

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

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

*EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*

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

Demirel, Burak, Dr.

**13 Sonstige Hinweise / Other notes**

**Modulseite / Module Homepage**

<http://controlsistemas.upb.de>

**Methodische Umsetzung / Implementation**

Die Teilnehmer lernen

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

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

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

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

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

**III.4 Projektarbeit**

## Halbjahresprojekt

<b>Projektarbeit I</b> <i>Project I</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i> M.048.28001 bis M.048.28499	<b>Workload (h)</b> 270	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i> 9	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer</i> <i>semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i> 2-3	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i> 1	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i> Deutsch oder Englisch / <i>German or English</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.28001 - .28499 "Projektname (Projekt)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / WP / 0) L.048.28001 - .28499 "Project name (Project)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b> 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**

### **Lernziele:**

In der Projektarbeit sollen die Studierenden selbstständiges wissenschaftliches und ingenieurmäßiges Bearbeiten von abgegrenzten theoretischen und praxisbezogenen Aufgabenstellungen im Team praktizieren. Sie sollen dadurch zur Lösung komplexer Probleme im Team befähigt werden, wobei neben der Eigenständigkeit auch die Organisationsfähigkeit der Studierenden erlernt werden soll. Sie sollen auch in der Lage sein, die Forschungsaufgabe zu formulieren, die Auswahl der Methoden und die Analyse zu dokumentieren und das Ergebnis ihrer Arbeit strukturiert zu präsentieren. Nach dem Abschluss der Projektarbeit verfügen die Studierenden über vertiefte fachliche Kompetenzen in einem ausgewählten Bereich und erkennen den Anwendungsbezug ihrer Studieninhalte.

### **Learning objectives**

*In the course of the project work students should practice independent, scientific and engineering processing of clearly defined theoretical and practical tasks within the team. This should enable them to solve complex problems as a team, while at the same time acquiring the capability for independent working as well as organizational skills. The students should also learn to formulate the research task, document the methods and analysis and present the findings of their work in a structured manner. Having completed the project work, the students will command in-depth technical competences in a selected area and understand the application relevance of their course contents.*

## **6 Prüfungsleistung / Assessments**

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Referat / 30min / 100%

*Presentation / 30min / 100%*

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

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

<b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b>
EMA EMA
<b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b>
Lehrende des Instituts / Lecturers of the institute
<b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b>

<b>Projektarbeit II</b> <i>Project II</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> M.048.28001 bis M.048.28499	<b>Workload (h)</b> 270	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 9	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / winter and summer semester
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 2-3	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch oder Englisch / German or English
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
L.048.28001 - .28499 "Projektname (Projekt)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / WP / 0) L.048.28001 - .28499 "Project name (Project)": 9P (0 h - 135 h / 135 h - 270 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / None			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
Keine / None			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Projektgruppen arbeiten im Team an Aufgabenstellungen, die thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet sind. Diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen für den Projektbetrieb und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen.</p> <p><i>Project groups will be formed as teams to work on tasks where the relevant subjects are embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for project works and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.</i></p>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			



<p><b>Lernziele:</b></p> <p>In der Projektarbeit sollen die Studierenden selbstständiges wissenschaftliches und ingenieurmäßiges Bearbeiten von abgegrenzten theoretischen und praxisbezogenen Aufgabenstellungen im Team praktizieren. Sie sollen dadurch zur Lösung komplexer Probleme im Team befähigt werden, wobei neben der Eigenständigkeit auch die Organisationsfähigkeit der Studierenden erlernt werden soll. Sie sollen auch in der Lage sein, die Forschungsaufgabe zu formulieren, die Auswahl der Methoden und die Analyse zu dokumentieren und das Ergebnis ihrer Arbeit strukturiert zu präsentieren. Nach dem Abschluss der Projektarbeit verfügen die Studierenden über vertiefte fachliche Kompetenzen in einem ausgewählten Bereich und erkennen den Anwendungsbezug ihrer Studieninhalte.</p> <p><b>Learning objectives</b></p> <p><i>In the course of the project work students should practice independent, scientific and engineering processing of clearly defined theoretical and practical tasks within the team. This should enable them to solve complex problems as a team, while at the same time acquiring the capability for independent working as well as organizational skills. The students should also learn to formulate the research task, document the methods and analysis and present the findings of their work in a structured manner. Having completed the project work, the students will command in-depth technical competences in a selected area and understand the application relevance of their course contents.</i></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p> <p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i>  Referat / 30min / 100%  <i>Presentation / 30min / 100%</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p> <p>Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.  <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).  <i>The module is weighted according to the number of credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p> <p>EMA  EMA</p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p> <p>Lehrende des Instituts / <i>Lecturers of the institute</i></p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>

<b>Projektarbeit</b> <i>Project</i>			
<b>Modulnummer /</b> <i>Module number</i> M.048.28501 bis M.048.28999	<b>Workload (h)</b> 540	<b>Leistungspunkte /</b> <i>Credits</i> 18	<b>Turnus /</b> <i>Regular cycle</i> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer</i> <i>semester</i>
	<b>Studiensemester /</b> <i>Semester number</i> 2-3	<b>Dauer (in Sem.) /</b> <i>Duration (in sem.)</i> 2	<b>Unterrichtssprache /</b> <i>Teaching Language</i> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur /</b> <i>Module structure</i>			
L.048.28501 - .28999 "Projektname (Projekt)": 18P (0 h - 270 h / 270 h - 540 h / WP / 0) L.048.28501 - .28999 "Project name (Project)": 18P (0 h - 270 h / 270 h - 540 h / CE / 0)			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls /</b> <i>Options within the module</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen /</b> <i>Admission requirements</i>			
Keine / <i>None</i>			
<b>4 Inhalte /</b> <i>Contents</i>			
<b>Kurzbeschreibung /</b> <i>Short Description</i>			
<b>Inhalt /</b> <i>Contents</i>			
<p>Projektgruppen arbeiten im Team an Aufgabenstellungen, die thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet sind. Diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen für den Projektbetrieb und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen.</p> <p><i>Project groups will be formed as teams to work on tasks where the relevant subjects are embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for project works and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.</i></p>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen /</b> <i>Learning outcomes and competences</i>			
<b>Lernziele:</b>			
<p>In der Projektarbeit sollen die Studierenden selbstständiges wissenschaftliches und ingenieurmäßiges Bearbeiten von abgegrenzten theoretischen und praxisbezogenen Aufgabenstellungen im Team praktizieren. Sie sollen dadurch zur Lösung komplexer Probleme im Team befähigt werden, wobei neben der Eigenständigkeit auch die Organisationsfähigkeit der Studierenden erlernt werden soll. Sie sollen auch in der Lage sein, die Forschungsaufgabe zu formulieren, die Auswahl der Methoden und die Analyse zu dokumentieren und das Ergebnis ihrer Arbeit strukturiert zu präsentieren. Nach dem Abschluss der Projektarbeit verfügen die Studierenden über vertiefte fachliche Kompetenzen in einem ausgewählten Bereich und erkennen den Anwendungsbezug ihrer Studieninhalte.</p>			
<b>Learning objectives</b>			
<i>In the course of the project work students should practice independent, scientific and</i>			

*engineering processing of clearly defined theoretical and practical tasks within the team. This should enable them to solve complex problems as a team, while at the same time acquiring the capability for independent working as well as organizational skills. The students should also learn to formulate the research task, document the methods and analysis and present the findings of their work in a structured manner. Having completed the project work, the students will command in-depth technical competences in a selected area and understand the application relevance of their course contents.*

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

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*  
 Referat / 30min / 100%  
 Presentation / 30min / 100%

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

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

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

EMA  
 EMA

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

Lehrende des Instituts / *Lecturers of the institute*

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

## III.5 Masterarbeit

## Masterarbeit

<b>Masterarbeit</b> <i>Master thesis</i>			
<b>Modulnummer / Module number</b> A.048.2000	<b>Workload (h)</b> 900	<b>Leistungspunkte / Credits</b> 30	<b>Turnus / Regular cycle</b> Winter- und Sommersemester / <i>winter and summer semester</i>
	<b>Studiensemester / Semester number</b> 4	<b>Dauer (in Sem.) / Duration (in sem.)</b> 1	<b>Unterrichtssprache / Teaching Language</b> Deutsch / <i>German</i>
<b>1 Modulstruktur / Module structure</b>			
<p>Die konkreten Inhalte der Masterarbeit hängen von der jeweiligen Aufgabenstellung durch das betreuende Fachgebiet im Institut ab. Die Arbeit kann eher methodenorientiert aber auch mehr anwendungsorientiert sein; sie ist thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet. Diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen für Masterarbeiten und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen.</p> <p><i>The concrete content of the master thesis depends on the task defined by the supporting group of the institute. The focus of the thesis can either be placed on the methods applied, or the thesis can be oriented towards the applications. In both cases, the thesis subject will be embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for master papers and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.</i></p>			
<b>2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / Options within the module</b>			
Keine / <i>None</i>			
<b>3 Teilnahmevoraussetzungen / Admission requirements</b>			
<b>4 Inhalte / Contents</b>			
<b>Kurzbeschreibung / Short Description</b>			
<b>Inhalt / Contents</b>			
<p>Die Masterarbeit ist eine selbstständig zu erstellende schriftliche Prüfungsarbeit, die die wissenschaftliche Ausbildung abschließt. Sie kann auch in Form einer Gruppenarbeit zugelassen werden, wenn der als Prüfungsleistung zu bewertende Beitrag der einzelnen Kandidatin bzw. des einzelnen Kandidaten aufgrund der Angabe von Abschnitten, Seitenzahlen oder anderen objektiven Kriterien, die eine eindeutige Abgrenzung ermöglichen, deutlich unterscheidbar und bewertbar ist.</p> <p><i>The master thesis is a written examination paper to be authored without external help, and completes the scientific training. A thesis written as group work is also admissible if the individual candidate's contribution to be assessed as an exam paper can be distinguished and evaluated on the basis of sections or pages specified and other objective criteria allowing a clear differentiation.</i></p>			
<b>5 Lernergebnisse und Kompetenzen / Learning outcomes and competences</b>			

<p><b>Lernziele</b></p> <p>Mit der Masterarbeit hat die Absolventin bzw. der Absolvent gezeigt, dass sie bzw. er die Fähigkeit besitzt, innerhalb einer bestimmten Frist ein Problem der Elektrotechnik nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. In der Arbeit sind im Zuge des Studiums erworbene Kompetenzen, insbesondere fachlich-methodische Kompetenzen und gegebenenfalls fachübergreifende Kompetenzen, von der Absolventin bzw. vom Absolventen eingesetzt worden.</p> <p><i>Learning Objectives</i></p> <p><i>By completing the master thesis the graduates prove their capability to elaborate on a problem in electrical engineering within a defined period of time by applying scientific methods. The thesis will also serve to prove that the graduates are capable of applying competences acquired in the course of their studies, in particular technical-methodical competences and where applicable interdisciplinary competences.</i></p>
<p><b>6 Prüfungsleistung / Assessments</b></p> <p>Modulabschlussprüfung / <i>Final modul exam</i></p> <p>Masterarbeit</p> <p><i>Master thesis</i></p>
<p><b>7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / Study achievement</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / Prerequisites for participation in examinations</b></p> <p>Keine / <i>None</i></p>
<p><b>9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / Prerequisites for assigning credits</b></p> <p>Die Vergabe der Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. <i>The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.</i></p>
<p><b>10 Gewichtung für Gesamtnote / Weighing for overall grade</b></p> <p>Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). <i>The module is weighted according to the number of its credits (factor 1).</i></p>
<p><b>11 Verwendung in Studiengängen / Reuse in degree courses</b></p>
<p><b>12 Modulbeauftragte(r) / Module coordinator</b></p> <p>Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer des Instituts / <i>Academic staff of the institute</i></p>
<p><b>13 Sonstige Hinweise / Other notes</b></p>





---

**HERAUSGEBER  
PRÄSIDIUM DER UNIVERSITÄT PADERBORN  
WARBURGER STR. 100  
33098 PADERBORN**

**[HTTP://WWW.UNI-PADERBORN.DE](http://www.uni-paderborn.de)**

---

**ISSN 2199-2819**