UNIVERSITÄT PADERBORN
Die Universität der Informationsgesellschaft

AMTLICHE MITTEILUNGEN

VERKÜNDUNGSBLATT DER UNIVERSITÄT PADERBORN AM.UNI.PB

AUSGABE 107.17 VOM 30. OKTOBER 2017

PRÜFUNGSORDNUNG FÜR DEN MASTERSTUDIENGANG ELECTRICAL SYSTEMS ENGINEERING DER FAKULTÄT FÜR ELEKTROTECHNIK, INFORMATIK UND MATHEMATIK AN DER UNIVERSITÄT PADERBORN

VOM 30. OKTOBER 2017

HERAUSGEBER: PRÄSIDIUM DER UNIVERSITÄT PADERBORN

Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Electrical Systems Engineering der Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik an der Universität Paderborn

vom 30. Oktober 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 Artikel 4 des Gesetzes vom 07. April 2017 (GV. NRW. S. 414), hat die Universität Paderborn folgende Prüfungsordnung erlassen:

Inhaltsverzeichnis

I. Allgemeines 4
§ 1 Zweck der Prüfung, Ziel des Studiums und Sprachenregelung 4
§ 2 Akademischer Grad 4
§ 3 Studienbeginn 4
§ 4 Zugangsvoraussetzungen 4
§ 5 Regelstudienzeit und Studienumfang 6
§ 6 Module 7
§ 7 Anerkennung von Leistungen 7
§ 8 Prüfungsausschuss 8
§ 9 Prüfende und Beisitzende 9
II. Masterprüfung 9
§ 10 Zulassung zur Masterprüfung 9
§ 11 Ziel, Umfang und Art der Masterprüfung 10
§ 12 Anmeldung und Prüfungsfristen 11
§ 13 Abschluss eines Moduls 11
§ 14 Prüfungsleistungen in den Modulen 12
§ 15 Formen der Leistungserbringung in den Modulen, qualifizierte Teilnahme 12
§ 16 Bewertung von Prüfungsleistung und Bildung der Noten 14
§ 17 Modul Masterarbeit 14
§ 18 Annahme und Bewertung des Moduls Masterarbeit 16
§ 19 Bewertung der Masterprüfung und Bildung der Gesamtnote 16
§ 20 Wiederholung von Prüfungsleistungen, Kompensation 17
§ 21 Versäumnis, Rücktritt, Täuschung, Ordnungsverstoß, Schutzvorschriften 17
§ 22 Erfolgreicher Abschluss des Studiums, endgültiges Nichtbestehen 19
§ 23 Zusatzmodule 19
§ 24 Zeugnis, Transcript of Records und Diploma Supplement 20
§ 25 Urkunde 20
§ 26 Einsicht in die Prüfungsakten 20
III. Schlussbestimmungen 21
§ 27 Ungültigkeit der Masterprüfung 21
§ 28 Aberkennung des Mastergrades 21
§ 29 Übergangsbestimmungen 21
§ 30 Inkrafttreten und Veröffentlichung 22
Anhang A: Studienpläne 22
Anhang B: Modullisten 24

I. Allgemeines

§ 1
Zweck der Prüfung, Ziel des Studiums und Sprachenregelung

(1) Das Masterstudium soll Kandidatinnen und Kandidaten vertiefte ingenieurwissenschaftliche Grundlagen sowie spezielle Kenntnisse, Fähigkeiten und Methoden im Fachgebiet Electrical Systems Engineering vermitteln. Das Studium vermittelt den Studierenden neben den allgemeinen Studienzielen des § 58 HG die Fähigkeit, in ihrer Arbeit die wissenschaftlichen Methoden des Electrical Systems Engineering anzuwenden und weiter zu entwickeln und in Hinblick auf die Auswirkungen des technologischen Wandels verantwortlich zu handeln.

(2) Durch die Masterprüfung soll festgestellt werden, ob die Kandidatinnen und Kandidaten die in einem vorangegangenen ersten Hochschulabschluss erworbenen für die Berufspraxis notwendigen Kenntnisse verbreitert und in ausgewählten Bereichen vertieft haben, so dass sie die Fähigkeit besitzen, zur Problemlösung geeignete wissenschaftliche Methoden des Fachgebiets Electrical Systems Engineering anzuwenden und in ihrem Vertiefungsgebiet weiterzuentwickeln.

(3) Das Masterstudium findet in englischer Sprache statt. Alle Prüfungen werden in englischer Sprache durchgeführt.

§ 2
Akademischer Grad

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

§ 3
Studienbeginn

Studienbeginn ist das Wintersemester.

§ 4
Zugangsvoraussetzungen

(1) In den Masterstudiengang Electrical Systems Engineering 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 6 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 und Mindestumfängen beinhalten:

Höhere Mathematik	mindestens 24 LP
Feldtheorie	mindestens 5 LP
Signaltheorie	mindestens 4 LP
Systemtheorie	mindestens 4 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 nur die Bereiche Signal-, System- und Feldtheorie betreffen. Die Studien und Prüfungen sollten im ersten Semester des Masterstudiengangs erbracht werden.

c) Der Studienabschluss muss mit einer Gesamtnote von mindestens 2,5 (oder einer äquivalenten ausländischen Abschlussnote) erfolgt sein.

3. ausreichende englische Sprachkenntnisse nach Maßgabe des Abs. 2 besitzt, und
4. als ausländische Studienbewerberin bzw. als ausländischer Studienbewerber, die bzw. der nicht durch oder aufgrund völkerrechtlicher Verträge Deutschen gleichgestellt ist, ihre bzw. seine Studierfähigkeit durch die Ergebnisse eines GRE Revised General Test nachweist. Erforderlich sind in der Regel mindestens 157 Punkte im Teil „Quantitative Reasoning“ und mindestens 4,0 Punkte im Teil „Analytical Writing“ des GRE Revised General Test. Bei einer sehr guten oder guten Abschlussnote des Abschlusses gemäß Nr. 2 ist der Nachweis des GRE Revised General Test nicht erforderlich. Studienbewerberinnen und Studienbewerber mit einer deutschen Hochschulzugangsberechtigung sind vom Nachweis der Studierfähigkeit ausgenommen.

(2) Die ausreichende Beherrschung der englischen Sprache ist wie folgt nachzuweisen:

a) Bachelorabschluss im englischsprachigen Ausland[1] oder in einem als englischsprachig akkreditierten, inländischen Studiengang oder

b) Test of English as Foreign Language (TOEFL) “Internet-based” Test (iBT) mit einem Ergebnis von mindestens 87 Punkten oder

c) TOEFL “Paper-based“ Test (PBT) mit einem Ergebnis von mindestens 585 Punkten oder

[1] Das sind im Rahmen dieser Ordnung Australien, Großbritannien, Irland, Kanada, Neuseeland und die Vereinigten Staaten von Amerika.

d) IELTS-Test mit einem Ergebnis von mindestens 6.0 oder

e) Cambridge English: First (FCE) oder

durch im Niveau gleichwertige Tests.

(3) Die Einschreibung ist abzulehnen, wenn

a) die in Absatz 1 – 2 genannten Voraussetzungen nicht erfüllt sind oder

b) 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

c) 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 Electrical Systems Engineering der Universität Paderborn aufweist als auch die endgültig nicht bestandene Prüfung eine erhebliche inhaltliche Nähe zu einer Prüfung eines Pflichtmoduls des Masterstudiengangs Electrical Systems Engineering der Universität Paderborn aufweist. Die Feststellung über erhebliche inhaltliche Nähe trifft der Prüfungsausschuss.

§ 5
Regelstudienzeit und Studienumfang

(1) Die Regelstudienzeit für das Masterstudium beträgt einschließlich der Masterprüfung vier Semester. Dies entspricht einem Gesamtarbeitsaufwand (Workload) von 3.600 Stunden.

(2) Das Masterstudium umfasst Module mit einem Gesamtumfang von 120 Leistungspunkten (LP), darunter sind Pflichtmodule im Umfang von 30 LP, Wahlpflichtmodule im Umfang von 36 LP, ein zweisemestriges Projektmodul im Umfang von 18 LP, das Modul Studium generale im Umfang von 6 LP und das Modul Masterarbeit im Umfang von 30 LP.

(3) Leistungspunkte werden entsprechend dem entsprechend dem European Credit Transfer System (ECTS) vergeben. Ein Leistungspunkt entspricht einer Arbeitsbelastung von durchschnittlich 30 Stunden. Ein Semester umfasst in der Regel 30 LP und somit einen Arbeitsaufwand von 900 Stunden. Ein Leistungspunkt entspricht einem ECTS-Punkt gemäß dem European Credit Transfer System und entspricht einer Arbeitsbelastung von durchschnittlich 30 Stunden.

(4) Die Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik hat auf der Grundlage dieser Prüfungsordnung einen beispielhaften Studienplan und ein Modulhandbuch erstellt. Diese Unterlagen beschreiben im Detail die Ziele und Inhalte der einzelnen Module, die zugeordneten Lehrveranstaltungen, sowie die empfohlenen Vorkenntnisse. Der beispielhafte Studienplan, die Liste der Module und das Modulhandbuch liegen dieser Prüfungsordnung als Anlagen A, B und C 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) Das Modul Studium generale soll mit Lehrveranstaltungen außerhalb des Fachgebiets Electrical Systems Engineering abgedeckt werden. Studierenden mit nicht ausreichenden Deutschkenntnissen wird empfohlen, im Rahmen des Studiums generale zwei Deutschkurse zu belegen.

§ 6
Module

(1) Der Masterstudiengang Electrical Systems Engineering wird in modularisierter Form angeboten. Module sind thematisch und zeitlich abgerundete, in sich abgeschlossene und mit Leistungspunkten versehene, abprüfbare, eigenständige Qualifikationseinheiten. Module haben einen Umfang von 3-18 LP (ohne das Modul Masterarbeit). Sie sind in der Regel so angelegt, dass sie innerhalb von ein bis zwei Semestern abgeschlossen werden können.

(2) Neben den Modulen Projektarbeiten und Masterarbeit besteht das Masterstudium aus Pflicht-, Wahlpflicht- und Wahlmodulen, die in Modulgruppen zusammengefasst sind.

(3) Für die Wahlpflichtmodule müssen Veranstaltungen aus Katalogen gewählt werden, die Teil der Modulbeschreibung sind.

§ 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 Unterscheid 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 Studienbewerbern, 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, so 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 Abs. 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.

§ 8
Prüfungsausschuss

(1) Der Fakultätsrat der Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik bildet für den Masterstudiengang Electrical Systems Engineering 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.

(2) 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 Berichte an den Fakultätsrat. 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 Zentralen Prüfungssekretariat unterstützt.

(3) Der Prüfungsausschuss besteht aus Vertreterinnen und Vertretern des Instituts für Elektrotechnik und Informationstechnik. Er setzt sich aus der oder dem Vorsitzenden, der oder dem stellvertretenden Vorsitzenden und fünf weiteren Mitgliedern zusammen. Auf Vorschlag der jeweiligen Gruppe werden die oder der Vorsitzende, die oder 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 bzw. des Vorsitzenden und der bzw. des stellvertretenden Vorsitzenden Vertreterinnen und Vertreter gewählt. Die Amtszeit der Mitglieder aus der Gruppe der Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer und des Mitglieds aus der Gruppe 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 Geschlechtergerechtigkeit gemäß § 11c HG sind zu beachten.

(4) Der Prüfungsausschuss ist Behörde im Sinne des Verwaltungsverfahrens- und des Verwaltungsprozessrechts.

(5) 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.

(6) Der Prüfungsausschuss wird von der bzw. dem Vorsitzenden einberufen. Die Einberufung muss erfolgen, wenn mindestens drei Mitglieder dies verlangen.

(7) 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.

(8) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses haben das Recht, der Abnahme der Prüfungen beizuwohnen.

§ 9
Prüfende und Beisitzende

(1) Der Prüfungsausschuss bestellt die Prüfenden und Beisitzenden. Er kann die Bestellung der bzw. dem Vorsitzenden übertragen. 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 Masterprüfung 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 sollen nach Möglichkeit Berücksichtigung finden. Daraus resultiert aber kein Rechtsanspruch.

(4) Der Prüfungsausschuss sorgt dafür, dass der Kandidatin bzw. dem Kandidaten die Namen der Prüfenden rechtzeitig, in der Regel vier, mindestens aber zwei Wochen vor dem Termin der jeweiligen Prüfung bekannt gegeben werden. Die Bekanntmachung im Campus Management System der Universität ist ausreichend.

II. Masterprüfung

§ 10
Zulassung zur Masterprüfung

(1) Zu Prüfungen im Masterstudiengang Electrical Systems Engineering kann nur zugelassen werden, wer an der Universität Paderborn für den Masterstudiengang Electrical Systems Engineering eingeschrieben oder gemäß § 52 HG als Zweithörerin bzw. Zweithörer zugelassen ist. Auch während der Prüfungen müssen diese Erfordernisse 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 mindestens 152 abschlussrelevante Leistungspunkte erworben haben und

voraussichtlich die Zugangsvoraussetzungen für den Masterstudiengang Electrical Systems Engineering erfüllen werden, für ein Semester zu Modulen des Masterstudiengangs Electrical Systems Engineering im Umfang von maximal 24 Leistungspunkten zugelassen werden. Von der Regelung kann nur einmalig Gebrauch gemacht werden, das heißt ein Vorziehen ist nicht mehr möglich, wenn bereits eine Zulassung zu vorgezogenen Mastermodulen, auch außerhalb dieses Studiengangs erfolgte. Eine Wiederholung einer nichtbestandenen vorgezogenen Masterprüfung ist erst nach der Einschreibung in den Masterstudiengang Electrical Systems Engineering möglich. Studierende haben keinen Anspruch darauf, zu einem späteren Zeitpunkt Zugang zum Masterstudiengang Electrical Systems Engineering zu erhalten.

(3) Die Masterarbeit kann erst begonnen werden, wenn

a) im Falle einer Einschreibung mit Auflagen gemäß § 3 Abs. 2 Nr. 2 das Bestehen der festgesetzten Prüfungen nachgewiesen wurde und

b) Module im Umfang von 60 Leistungspunkten erfolgreich abgelegt worden sind. Hierzu gehören die Pflichtmodule im Umfang von 24 LP:

- *Advanced System Theory* und *Modeling & Simulation*
- *Fields & Waves* und *Circuit & System Design* (Spezialisierung E&D)
- *Statistical Signal Processing* und *Statistical Learning & Pattern Recognition* (Spezialisierung I&SP)

(4) Die Zulassung ist abzulehnen, wenn die in Absatz 1 und 3 genannten Voraussetzungen nicht erfüllt sind.

§ 11
Ziel, Umfang und Art der Masterprüfung

(1) Durch die Masterprüfung soll die Kandidatin oder der Kandidat nachweisen, dass sie oder er wissenschaftliche Kenntnisse und Fähigkeiten im Studienfach Electrical Systems Engineering erworben hat und damit in der Lage ist, selbständig wissenschaftlich zu arbeiten.

(2) Die Masterprüfung wird in einer der beiden Spezialisierungen „Signal & Information Processing“ oder „Electronics & Devices“ abgelegt. Zum Beginn des ersten Semesters wählt die Kandidatin oder der Kandidat eine Spezialisierung.

(3) Wenn die Kandidatin oder der Kandidat die Spezialisierung wechseln will, muss sie oder er einen schriftlichen Antrag an den Prüfungsausschuss richten. Bereits bestandene Prüfungsleistungen werden so weit möglich angerechnet.

(4) Die Masterprüfung besteht aus folgenden studienbegleitenden Modulprüfungen:

a) Pflichtmodul *Advanced System Theory* aus der Modulgruppe *Introduction to Electrical Systems Engineering* mit 6 Leistungspunkten,

b) Pflichtmodul *Modeling & Simulation* aus der Modulgruppe *Introduction to Electrical Systems Engineering* mit 6 Leistungspunkten,

c) bei Wahl der Spezialisierung *Signal & Information Processing*:

i. Pflichtmodul Statistical Signal Processing aus der Modulgruppe *Introduction to Electrical Systems Engineering* mit 6 Leistungspunkten,

ii. Pflichtmodul *Statistical Learning & Pattern Recognition* aus der Modulgruppe *Introduction to Electrical Systems Engineering* mit 6 Leistungspunkten,

oder

bei Wahl der Spezialisierung *Electronics & Devices*:

iii. Pflichtmodul *Fields & Waves* aus der Modulgruppe *Introduction to Electronics & Devices* mit 6 Leistungspunkten,

iv. Pflichtmodul *Circuit & System Design* aus der Modulgruppe *Introduction to Electronics & Devices* mit 6 Leistungspunkten,

d) Pflichtmodul *Management of Technical Projects* aus der Modulgruppe *Management and Applikation* mit 3 Leistungspunkten,

e) Pflichtmodul *Topics in Systems Engineering* aus der Modulgruppe *Management and Applikation* mit 3 Leistungspunkten,

f) 2 Wahlpflichtmodule aus der Modulgruppe *Fundamentals of Electrical Systems Engineering* mit jeweils 6 Leistungspunkten,

g) bei Wahl der Spezialisierung *Signal & Information Processing*:

2 Wahlpflichtmodule aus der Modulgruppe *Signal & Information Processing*,

oder

bei Wahl der Spezialisierung *Electronics & Devices*:

2 Wahlpflichtmodule aus der Modulgruppe *Electronics & Devices*

mit jeweils 6 Leistungspunkten,

h) 2 Wahlpflichtmodule aus der Modulgruppe *Electrical Systems Engineering* mit jeweils 6 Leistungspunkten, soweit sie nicht für andere Module angerechnet werden,

i) 1 Modul *General Studies* (*Studium generale*) mit 6 Leistungspunkten:

Lehrveranstaltungen nach § 5 Abs. 6,

j) 1 Wahlmodul *Projects* mit 18 Leistungspunkten als eine ganzjährige Projektarbeit oder 2 Wahlmodule *Projects* mit 9 Leistungspunkten als zwei halbjährige Projektarbeiten,

k) Modul *Masterthesis* (*Masterarbeit*) mit 30 Leistungspunkten.

(5) Die Kataloge der Wahlpflichtmodule einschließlich näherer Regelungen zu Formen der Prüfungen sind dieser Prüfungsordnung als Anhang beigefügt. Auf Antrag kann der Prüfungsausschuss im Einzelfall eine andere Veranstaltung zulassen. In diesem Fall bestimmt er die zu erbringenden Prüfungsleistungen und teilt diese der Antragstellerin oder dem Antragsteller mit.

§ 12 Anmeldung und Prüfungsfristen

(1) Zu jedem Modul ist eine Meldung im Campus Management System der Universität Paderborn erforderlich. Die Anmeldung 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. Prüfungen können abgelegt werden, sobald die für die Zulassung erforderlichen Leistungen nachgewiesen werden.

(3) Die mündliche Ersatzprüfung gemäß § 20 Abs. 2 muss schriftlich im Zentralen Prüfungssekretariat angemeldet werden.

§ 13
Abschluss eines Moduls

(1) Jedes Modul wird durch eine Modulprüfung und etwaig vorgesehene qualifizierte Teilnahmen 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 und die etwaig vorgesehenen qualifizierten Teilnahmen nachgewiesen wurden.

§ 14
Prüfungsleistungen in den Modulen

(1) In den Modulen werden Prüfungsleistungen nach Maßgabe der Modulbeschreibungen erbracht. Die Noten der Modulprüfungen gehen mit Ausnahme der Noten im Modul Studium Generale in die Gesamtnote 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 Leistungserbringung in den Modulen, qualifizierte Teilnahme

(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 Prüfungsformen werden unterschieden:

a) 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 einem Prüfenden bewertet. Im Fall der letzten Wiederholungsprüfung wird die Bewertung von zwei Prüfenden vorgenommen.

   Die Dauer einer Klausur richtet sich nach der Anzahl der Leistungspunkte des Moduls. Sie beträgt 90 bis 150 Minuten bei bis zu fünf Leistungspunkten und 120 bis 180 Minuten bei mehr als fünf Leistungspunkten.

b) 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 oder vor einer oder 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 hört die oder der Prüfende die Beisitzende oder den Beisitzenden in Abwesenheit der Kandidatin oder des Kandidaten. Im Fall der letzten Wiederholungsprüfung erfolgt die Bewertung durch zwei Prüfende.

Die Dauer von mündlichen Prüfungen hängt von der Anzahl der Leistungspunkte eines Moduls ab. Eine mündliche Prüfung dauert 20 bis 30 Minuten für ein Modul mit bis zu 5 Leistungspunkten sowie 30 bis 45 Minuten für ein Modul mit 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 oder 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 mindestens 30 und höchstens 60 Minuten Dauer auf der Grundlage einer schriftlichen Ausarbeitung. Dabei sollen die Studierenden nachweisen, dass sie zur wissenschaftlichen Ausarbeitung eines Themas unter Berücksichtigung der Zusammenhänge des Faches in der Lage sind und die Ergebnisse mündlich vorstellen können.

d) Im Rahmen einer schriftlichen *Hausarbeit* wird in einem Umfang von etwa 10 DIN-A4-Seiten eine Aufgabe im thematischen Umfeld der Lehrveranstaltung ggf. unter Heranziehung der einschlägigen Literatur und weiterer geeigneter Hilfsmittel sachgemäß bearbeitet und gelöst. Die Leistung kann auch als Gruppenleistung erbracht werden, sofern eine individuelle Bewertung des Anteils eines jeden Gruppenmitglieds möglich ist.

e) In einem *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 Zusammenhänge des Faches erkennen und spezielle Fragestellungen in diesem Zusammenhang einzuordnen vermögen.

f) In einer *Projektarbeit* bearbeiten die Studierenden alleine oder in einer Gruppe ein vom Lehrenden vorgegebenes Thema. Projektarbeiten beinhalten in der Regel den Entwurf und den Aufbau von Hardware- und Softwareprototypen, sowie eine anschließende experimentelle Bewertung. Weitere Bestandteile einer Projektarbeit sind in der Regel die technische Dokumentation und die Präsentation der Arbeit und ihrer Ergebnisse.

(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. Der Nachweis der qualifizierten Teilnahme kann in einem Modul verlangt werden, wenn dies zur Sicherung des Kompetenzerwerbs im Modul neben der Modulprüfung erforderlich ist. Der Nachweis der qualifizierten Teilnahme in einem Modul kann Voraussetzung für die Vergabe der Leistungspunkte oder Voraussetzung für die Teilnahme an Prüfungsleistungen sein. Der Nachweis der qualifizierten Teilnahme erfolgt insbesondere durch

- eine oder mehrere Kurzklausuren,
- ein Fachgespräch,
- die Anfertigung eines Protokolls,
- Bearbeitung von Präsenz- und Hausaufgaben,
- Testate oder
- eine Präsentation.

§ 16
Bewertung von Prüfungsleistung und Bildung der Noten

(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 entspricht

4 = ausreichend: eine Leistung, die trotz ihrer Mängel noch 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 Noten 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 Satz 2 und 3 entsprechend.

(4) Setzt sich eine Modulnote aus mehreren Noten zusammen, so 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.

(5) Zusätzlich zu den Prüfungsleistungen können freiwillig Leistungen im Rahmen eines Bonussystems erbracht werden (Bonusleistungen), die bewertet werden und die Modulnote nach einem festgelegten Schlüssel verbessern können. Die Bonusleistungen werden studienbegleitend und ausschließlich im Zusammenhang mit einer konkreten Veranstaltung erbracht. Als Erbringungsformen sind Hausaufgaben, Kurzvorträge, Projektarbeit oder Zwischentests zulässig. Die Bonusleistungen sollen die Studierenden schrittweise auf nachfolgende Prüfungsleistungen vorbereiten. Ob in einer Veranstaltung Bonusleistungen erbracht werden können und der etwaige Schlüssel zur Verbesserung der Modulnote wird vom Prüfungsausschuss im Benehmen mit den jeweiligen Lehrenden festgelegt und spätestens in der dritten Woche nach Vorlesungsbeginn von den jeweiligen Lehrenden bekannt gegeben. Die Modulprüfung muss unabhängig von den Bonusleistungen bestanden werden. Die Bonusleistungen können die Modulnote um insgesamt maximal 0,7 verbessern.

(6) Qualifizierte Teilnahmen sind nachzuweisen.

§ 17
Modul Masterarbeit

(1) Das Modul Masterarbeit besteht aus dem Arbeitsplan (qualifizierte Teilnahme nach § 15 Abs. 3, Arbeitsaufwand 150 Stunden) und der Masterarbeit einschließlich einer Zwischenpräsentation und einer Abschlusspräsentation (Arbeitsaufwand 750 Stunden).

(2) Die Masterarbeit ist eine Prüfungsarbeit, welche die wissenschaftliche Ausbildung abschließt und zeigen soll, dass die Kandidatin oder der Kandidat die Fähigkeit besitzt, innerhalb einer bestimmten Frist ein Problem des Electrical Systems Engineering nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Die Aufgabenstellung für das Modul Abschlussarbeit sind so zu gestaltet, dass sie einem Arbeitsaufwand von insgesamt 900 Stunden (30 Leistungspunkte) entspricht. Die schriftliche Arbeit soll eine angemessene Darstellung des Themas der Masterarbeit, der erzielten Ergebnisse und deren

Einordnung in den Stand der Wissenschaft enthalten. Sie soll einen Umfang von in der Regel nicht mehr als 120 DIN A4-Seiten haben. Die Zwischenpräsentation dauert in der Regel zwischen 30 und 40 Minuten Die Dauer Abschlusspräsentation beträgt zwischen 45 und 60 Minuten. Die Bearbeitungszeit für die Masterarbeit beträgt sechs Monate.

(3) Die Masterarbeit wird von einer vom Prüfungsausschuss bestellten Person mit Prüferqualifikation nach § 9 Abs. 1 gestellt und betreut. Die Masterarbeit kann auch außerhalb der Universität Paderborn durchgeführt werden, wenn das Thema von einer in Satz 1 genannten Person gestellt und betreut wird.

(4) Der Kandidatin bzw. dem Kandidaten ist Gelegenheit zu geben, Vorschläge für das Thema der Masterarbeit und für die Wahl der Themenstellerin oder des Themenstellers zu machen. Die Vorschläge begründen keinen Rechtsanspruch.

(5) 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 der Masterarbeit erfolgt durch die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses. Der Zeitpunkt der Ausgabe ist beim Zentralen Prüfungssekretariat aktenkundig zu machen.

(6) Die Masterarbeit kann auch in Form einer Gruppenarbeit zugelassen werden, wenn der als Prüfungsleistung zu bewertende Beitrag der einzelnen Kandidatin oder 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 Abs. 2 erfüllt.

(7) Das Thema und die Aufgabenstellung der Masterarbeit wird der Kandidatin bzw. dem Kandidaten schriftlich mitgeteilt. Das Thema kann nur einmal und nur innerhalb des ersten Monats nach der Ausgabe 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 der Masterarbeit um höchstens sechs Wochen verlängern, wenn die Gründe hierfür mit dem Thema der Masterarbeit zusammenhängen und die zuständige Betreuerin oder der zuständige Betreuer dies befürwortet.

(8) Bei Erkrankung innerhalb der Bearbeitungszeit kann auf Antrag der Kandidatin oder 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.

(9) Die Masterarbeit darf nicht, auch nicht auszugsweise, für eine andere Prüfung in demselben oder in einem anderen Studiengang angefertigt worden sein.

(10) Bei der Abgabe der Masterarbeit hat die Kandidatin oder der Kandidat schriftlich zu versichern, dass sie oder 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.

(11) Spätestens vier Wochen nach Bekanntgabe des Themas präsentiert die Kandidatin bzw. der Kandidat die Vorgehensweise und den Zeitplan für die Masterarbeit in einer Zwischenpräsentation. Spätestens vier Wochen nach Abgabe der Masterarbeit findet eine Abschlusspräsentation über das Thema der Masterarbeit und deren Ergebnisse statt.

§ 18
Annahme und Bewertung des Moduls Masterarbeit

(1) Die Masterarbeit ist fristgemäß beim Zentralen Prüfungssekretariat in zweifacher Ausfertigung (maschinenschriftlich, gebunden und paginiert) sowie zusätzlich einmal in elektronischer Form durch ein physisches Medium abzuliefern. Der Abgabezeitpunkt ist durch das Zentrale Prüfungssekretariat 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 mit „mangelhaft“ (5,0) bewertet.

(2) Die Bewertung des Moduls Abschlussarbeit erfolgt gemäß § 16. Die Note der Masterarbeit ist gleichzeitig die Note des Moduls Abschlussarbeit. Für den Abschluss des Moduls und die Vergabe der Leistungspunkte ist der Nachweis der qualifizierten Teilnahme in Form eines Arbeitsplans Voraussetzung. Die qualifizierte Teilnahme wird durch den Erstprüfer gemäß § 16 Abs. 5 festgestellt.

(3) Die Masterarbeit einschließlich Zwischen- und Abschlusspräsentation ist von zwei Prüfenden zu begutachten und zu bewerten. Neben dem Erstprüfer gemäß § 17 Abs. 3 wird die bzw. der zweite Prüfende vom Prüfungsausschuss bestimmt. 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 3 und 4 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 3 und 4 gelten entsprechend

(4) Die Masterarbeit ist bestanden, wenn die Note mindestens „ausreichend“ ist. Die Bewertung der Masterarbeit ist den Studierenden spätestens sechs Wochen nach Abgabe 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 nach § 11 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 endnotenrelevanten Modulnoten 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) Das Gesamturteil „mit Auszeichnung bestanden" wird erteilt, wenn die Note der Masterarbeit 1,0, der nach Leistungspunkten gewichtete Durchschnitt der Noten aus den Modulprüfungen mindestens 1,3 und keine der endnotenrelevanten Modulnoten schlechter als „gut“ ist.

§ 20
Wiederholung von Prüfungsleistungen, Kompensation

(1) Eine bestandene Prüfung kann nicht wiederholt werden. Abs. 3 bleibt unberührt.

(2) Eine nicht bestandene Prüfung kann zweimal wiederholt werden. Bei einer Klausur wird die zweite Wiederholung durch eine mündliche Ersatzprüfung über das volle Notenspektrum gem. § 16 Abs. 1-2 ersetzt.

(3) Eine bestandene Prüfung im Wahlpflichtbereich, die als Zusatzmodul nach § 21 verbucht ist, kann auf Wunsch der Kandidatin bzw. des Kandidaten gegen eine bestandene oder eine noch nicht oder endgültig nicht bestandene Prüfung ausgetauscht werden (Kompensation). Möglich ist eine Kompensation in der gewählten Spezialisierung für ein Wahlpflichtmodul innerhalb der gewählten Spezialisierung und im restlichen Wahlpflichtbereiche für ein weiteres Modul.

(4) Eine Modulprüfung ist endgültig nicht bestanden, wenn die Modulabschlussprüfung oder eine Modulteilprüfung nicht mehr wiederholt oder kompensiert werden kann.

(5) Eine nicht bestandene Prüfung im Studium Generale kann wiederholt oder durch eine Prüfung zu einer anderen Veranstaltung ersetzt werden. Die Anzahl der Ersetzungsmöglichkeiten sowie die Anzahl der Wiederholungen sind nicht beschränkt.

(6) Die Masterarbeit kann bei mit der Note „mangelhaft (5,0) 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 § 17 Abs. 7 Satz 3 genannten Frist ist jedoch nur zulässig, wenn die Kandidatin oder der Kandidat bei der Anfertigung ihrer oder seiner ersten Masterarbeit von dieser Möglichkeit keinen Gebrauch gemacht hatte.

(7) Für die Wiederholung der Masterarbeit kann die Kandidatin oder der Kandidat eine andere Prüfende oder einen anderen Prüfenden vorschlagen. Ein Rechtsanspruch besteht nicht.

§ 21
Versäumnis, Rücktritt, Täuschung, Ordnungsverstoß, Schutzvorschriften

(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 oder ein Kandidat oder versucht sie oder er zu täuschen, gilt die betreffende Prüfungsleistung als mit „mangelhaft“ (5,0) bewertet. Führt eine Kandidatin oder 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 dem jeweiligen Prüfenden getroffen.

(5) Eine Kandidatin oder ein Kandidat, die oder 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 oder den Kandidaten von weiteren Prüfungsleistungen ausschließen. Täuschungshandlungen können gem. HG § 63 Abs. 5 außerdem mit einer Geldbuße von bis zu 50.000 € geahndet werden und zur Exmatrikulation führen.

(7) Die Kandidatin oder der Kandidat kann innerhalb von 14 Tagen verlangen, dass Entscheidungen gemäß Abs. 4 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 Bachelorarbeit 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 Modulprüfungen sowie die Masterarbeit mit mindestens „ausreichend“ (4,0) bewertet sind.

(2) Die Masterprüfung ist endgültig nicht bestanden, wenn ein Modul endgültig nicht bestanden ist und eine Kompensation nach § 20 Abs. 3 nicht möglich ist.

(3) Der Bescheid über eine endgültig nicht bestandene Masterprüfung wird der Kandidatin bzw. dem Kandidaten durch die Vorsitzende bzw. den Vorsitzenden des Prüfungsausschuss in schriftlicher Form erteilt. Der Bescheid ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

(4) Hat eine Kandidatin bzw. ein Kandidat die Masterprüfung endgültig nicht bestanden, wird ihr bzw. ihm auf Antrag ein Leistungszeugnis ausgestellt, das die erbrachten Prüfungsleistungen 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 der Exmatrikulation auf Antrag ein Leistungszeugnis auszustellen, das die erbrachten Leistungen und gegebenenfalls die erworbenen Leistungspunkte enthält.

§ 23
Zusatzmodule

(1) Über die in § 11 Abs. 4 geforderten Leistungen hinaus können Studierende zusätzlich zu den im Rahmen der Masterprüfung zu erbringenden Leistungen Prüfungen zu Modulen im Umfang von bis zu 24 Leistungspunkten ablegen. Unter diese Obergrenze fallen auch nicht bestandene Prüfungen. Regelungen zu teilnehmerbegrenzten Modulen gem. § 59 HG bleiben unberührt. Die mit den Zusatzmodulen erreichten Noten werden im „Transcript of Records“ aufgeführt, es sei denn die bzw. der Studierende beantragt deren Nichtaufführung bis zur Abgabe der Abschlussarbeit. Sie werden bei der Gesamtnotenbildung im Rahmen der Masterprüfung nicht berücksichtigt.

(2) Unter Beachtung der in Absatz 1 Satz 1 angegebenen Obergrenze ist auch ein Umbuchen zum Zwecke einer Kompensation nach § 20 Abs. 3 möglich. Unter die Obergrenze fallen auch nicht bestandene Prüfungen.

(3) Die Zusatzmodule sind als solche bei der Anmeldung zu kennzeichnen.

§ 24
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, Angaben zum Studiengangschwerpunkt, 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. Das Zeugnis wird in deutscher und in englischer Sprache ausgestellt.

(2) Ferner erhält die Kandidatin bzw. der Kandidat ein Transcript of Records, in dem die gesamten erbrachten Leistungen und die Fachstudiendauer aufgeführt sind. Das Transcript of Records enthält Angaben über die Leistungspunkte und die erzielten Modulnoten und zu der 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 englischer und deutscher 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. Das Diploma Supplement enthält die wesentlichen dem Abschluss zugrunde liegenden Studieninhalte, den Studienverlauf, die mit dem Abschluss erworbenen Kompetenzen sowie die verleihende Hochschule.

§ 25
Urkunde

(1) Gleichzeitig mit dem Zeugnis über den bestandenen Masterabschluss wird der Kandidatin bzw. dem Kandidaten eine Urkunde 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 für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik und der bzw. dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses unterzeichnet und mit dem Siegel der Universität Paderborn versehen.

(3) Der Masterurkunde wird eine englischsprachige Übersetzung beigefügt.

§ 26
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 Prüfungsleistungen 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 angewandt 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

§ 27
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 Prüfungszeugnis ist einzuziehen und gegebenenfalls ein neues Zeugnis zu erteilen. Eine Entscheidung nach Abs. 1 und Abs. 2 Satz 2 ist nach einer Frist von fünf Jahren nach Ausstellung des Prüfungszeugnisses ausgeschlossen.

(5) Ist die Prüfung insgesamt für nicht bestanden erklärt worden, ist der Mastergrad abzuerkennen und die Masterkunde einzuziehen. Eine Aberkennung des Mastergrades ist nur innerhalb von fünf Jahren seit dem Zeitpunkt der Gradverleihung zulässig.

§ 28
Aberkennung des Mastergrades

Der Mastergrad kann aberkannt werden, 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. Eine Aberkennung des Mastergrades ist nur innerhalb von fünf Jahren seit dem Zeitpunkt der Gradverleihung zulässig.

§ 29
Übergangsbestimmungen

(1) Diese Prüfungsordnung gilt für alle Studierenden, die erstmalig ab dem Wintersemester 2017/18 für den Masterstudiengang Electrical Systems Engineering der Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik an der Universität Paderborn eingeschrieben werden.

(2) Studierende, die vor dem Wintersemester 2017/2018 an der Universität Paderborn für den Masterstudiengang Electrical Systems Engineering 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 12/12), geändert durch Satzung vom 31. Oktober 2014 (AM.Uni.PB 160/14) und Satzung vom 16. März 2016 (AM.Uni.PB 14/16), ablegen.

Ab dem Wintersemester 2020/2021 wird die Masterprüfung einschließlich Wiederholungsprüfungen nach dieser Prüfungsordnung abgelegt.

(3) Auf Antrag können Studierende in diese Prüfungsordnung wechseln. Der Wechsel ist unwiderruflich.

§ 30
Inkrafttreten und Veröffentlichung

(1) Diese Prüfungsordnung tritt zum 01. Oktober 2017 in Kraft. Gleichzeitig tritt die Prüfungsordnung vom 30. April 2012 (AM.Uni.PB 12/12), geändert durch Satzung vom 31. Oktober 2014 (AM.Uni.PB 160/14) und Satzung vom 16. März 2016 (AM.Uni.PB 14/16), außer Kraft. § 29 bleibt unberührt.

(2) Diese Prüfungsordnung wird in den Amtlichen Mitteilungen der Universität Paderborn (AM Uni. Pb.) veröffentlicht.

Ausgefertigt aufgrund des Beschlusses des Fakultätsrates der Fakultät Elektrotechnik, Informatik und Mathematik vom 18. September 2017 und der Rechtmäßigkeitsprüfung durch das Präsidium vom 27. September 2017.

Paderborn, den 30. Oktober 2017

Der Präsident
In Vertretung
Die Vizepräsidentin für Wirtschafts- und Personalverwaltung
der Universität Paderborn

Simone Probst

Anhang A: Studienpläne

Die folgenden Abbildungen zeigen jeweils einen exemplarischen Studienplan für die Spezialisierungen

- Electronics & Devices und
- Signal & Information Processing

des Masterstudiengangs Electrical Systems Engineering mit seinen Modulen und Leistungspunkten (LP) pro Modul. Es sind die Module bzw. Modulgruppen aufgeführt, jeweils mit der Angabe der Semesterwochenstunden (Präsenzzeit) und des Arbeitsaufwandes. Pro Semester sind die gesamte wöchentliche Präsenzzeit und die erzielbaren Leistungspunkte angegeben.

MS Electrical Systems Engineering Specialization: Electronics & Devices			
1. Semester 20 SWS, 30 CP	2. Semester 20 SWS, 30 CP	3. Semester 20 SWS, 30 CP	4.Semester 30 CP
Introduction to ESE *Compulsory subject* **Advanced System Theory** (4 SWS, 6 CP)	Intro. to Electronics & Devices *Compulsory subject E&D* **Fields & Waves** (4 SWS, 6 CP)	Electronics & Devices *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	**Master Thesis** (30 CP)
Introduction to ESE *Compulsory subject* **Modeling & Simulation** (4 SWS, 6 CP)	Electronics & Devices *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	Electrical Systems Engineering *Elective* (4 SWS, 6 CP)	
Intro. to Electronics & Devices *Compulsory subject E&D* **Circuit & System Design** (4 SWS, 6 CP)	Fundamentals of ESE *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	Electrical Systems Engineering *Elective* (4 SWS, 6 CP)	
Fundamentals of ESE *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)			
Management and Application *Compulsory subject* **Management of Technical Projects** (2 SWS, 3 CP)	Projects *Elective* **Analysis/ Design** (6 SWS, 9 CP)	Projects *Elective* **Realization/ Test** (6 SWS, 9 CP)	
General Studies *Elective* **Language Course German or Other** (2 SWS, 3 CP)	General Studies *Elective* **Language Course German or Other** (2 SWS, 3 CP)	Management and Application *Compulsory seminar* **Topics in Systems Engineering** (2 SWS, 3 CP)	
Abbreviations: SWS: Hours per week CP: ECTS credits			06.01.2016

MS Electrical Systems Engineering Specialization: Signal & Information Processing			
1. Semester 20 SWS, 30 CP	2. Semester 20 SWS, 30 CP	3. Semester 20 SWS, 30 CP	4.Semester 30 CP
Introduction to ESE *Compulsory subject* **Advanced System Theory** (4 SWS, 6 CP)	Intro. to Signal & Info. Processing *Compulsory subject S&IP* **Statistical Learning & Pattern Recognition** (4 SWS, 6 CP)	Signal & Information Processing *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	**Master Thesis** (30 CP)
Introduction to ESE *Compulsory subject* **Modeling & Simulation** (4 SWS, 6 CP)	Signal & Information Processing *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	Electrical Systems Engineering *Elective* (4 SWS, 6 CP)	
Intro. to Signal & Info. Processing *Compulsory subject S&IP* **Statistical Signals** (4 SWS, 6 CP)	Fundamentals of ESE *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	Electrical Systems Engineering *Elective* (4 SWS, 6 CP)	
Fundamentals of ESE *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)			
Management and Application *Compulsory subject* **Management of Technical Projects** (2 SWS, 3 CP)	Projects *Elective* **Analysis/ Design** (6 SWS, 9 CP)	Projects *Elective* **Realization/ Test** (6 SWS, 9 CP)	
General Studies *Elective* **Language Course German or Other** (2 SWS, 3 CP)	General Studies *Elective* **Language Course German or Other** (2 SWS, 3 CP)	Management and Application *Compulsory seminar* **Topics in Systems Engineering** (2 SWS, 3 CP)	
Abbreviations: SWS: Hours per week CP: ECTS credits			06.01.2016

Anhang B: Modullisten

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

Modulgruppe Lehrveranstaltung (LV)	LP Modul SWS LV	Anzahl und Form der Prüfungen	Bemerkung
Modulgruppe *Introduction to Electrical Systems Engineering*	*6*	2 mündliche Prüfungen, Klausuren oder Referate als Modulabschluss-prüfungen	2 Pflichtmodule
Advanced System Theory Modeling & Simulation	2+2		
Modulgruppe *Introduction to Electronics & Devices*	*6*	2 mündliche Prüfungen, Klausuren oder Referate als Modulabschluss-prüfungen	2 Pflichtmodule für Spezialisierung *Electronics & Devices*
Circuit & System Design Fields & Waves	2+2		
Modulgruppe *Introduction to Signal & Information Processing*	*6*	2 mündliche Prüfungen, Klausuren oder Referate als Modulabschluss-prüfungen	2 Pflichtmodule für Spezialisierung *Signal & Information Processing*
Statistical Signal Processing Statistical Learning & Pattern Recognition	2+2		
Modulgruppe *Fundamentals of Electrical Systems Engineering*	*6*	2 mündliche Prüfungen, Klausuren oder Referate als Modulabschluss-prüfungen	Wahl von 2 Wahlpflichtmodulen
Advanced Control Introduction to Algorithms Digital Speech Signal Processing High-Frequency Engineering Mechatronics and Electrical Drives Software Engineering	2+2		
Modulgruppe *Management and Application*	*3*	2 mündliche Prüfungen, Klausuren oder Referate als Modulabschluss-prüfungen	2 Pflichtmodule
Management of Technical Projects Topics in Systems Engineering	2		
Modulgruppe *Electronics & Devices*	*6* 2+2	2 mündliche Prüfungen, Klausuren oder Referate als	2 Wahlpflichtmodule für Spezialisierung *Electronics & Devices*

Modulgruppe Lehrveranstaltung (LV)	LP Modul SWS LV	Anzahl und Form der Prüfungen	Bemerkung
		Modulabschluss-prüfungen	
Modulgruppe *Signal & Information Processing*	*6* 2+2	2 mündliche Prüfungen, Klausuren oder Referate als Modulabschluss-prüfungen	2 Wahlpflichtmodule für Spezialisierung *Signal & Information Processing*
Modulgruppe Electrical Systems Engineering	*6* 2+2	2 mündliche Prüfungen, Klausuren oder Referate als Modulabschluss-prüfungen	2 Wahlpflichtmodule
Projektgruppe	*18* *6*	Projektarbeit	Wahlpflichtmodul
Abschlussarbeit	*30*	siehe §17	Pflichtmodul; Voraussetzung für den Abschluss des Moduls und die Vergabe von Leistungspunkten ist der Nachweis der qualifizierten Teilnahme nach § 15 (3) in Form eines Arbeitsplans.
Arbeitsplan			
Masterarbeit			

Modulgruppe *Signal & Information Processing*

- Advanced Control Methods for Mechatronics
- Advanced Topics in Robotics
- Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip
- Cognitive Systems Engineering - Special Topics
- Digital Image Processing I
- Digital Image Processing II
- Dynamic Programming and Stochastic Control
- Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method
- Optical Waveguide Theory
- Optimal and Adaptive Filters
- Robotics
- Topics in Pattern Recognition and Machine Learning
- Topics in Signal Processing
- Wireless Communications

Modulgruppe *Electronics & Devices*

- Advanced VLSI Design
- Analog CMOS ICs
- Controlled AC Drives
- Energy Transition
- Fast Integrated Circuits for Digital Communications
- High-Frequency Electronics
- Integrated Circuits for Wireless Communications
- Micro-Electromechanical Systems
- Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method
- Optical Communication A
- Optical Communication B
- Optical Communication C
- Optical Communication D
- Optical Waveguide Theory
- Power Electronic Devices
- Power Electronics
- Processing of Semiconductors
- Radio Frequency Power Amplifiers
- Sensor Technology
- Solar Electric Energy Systems
- Switched Mode Power Supplies
- System Technology for Renewable Energy and Battery Systems
- VLSI Testing

Modulgruppe *Electrical Systems Engineering*

Wahlpflichtmodule aus

- Modulgruppe *Signal & Information Processing*
- Modulgruppe *Electronics & Devices*
- Pflichtmodulgruppen der jeweils anderen Spezialisierung

Module

Master's Program
Electrical Systems Engineering

University of Paderborn

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Mathematics

Department of Electrical Engineering and Information Technology

Paderborn, October 6, 2017

Table of Contents

1 General Remarks ... 3

1.1 Overview of Course Program ... 3

1.2 Purpose of Module Handbook ... 7

1.3 Schema of Module Descriptions ... 7

1.4 Examinations ... 8

1.5 List of Abbreviations ... 9

2 Module Descriptions ... 10

2.1 Modul Group: Introduction to Electrical Systems Engineering ... 10

2.1.1 Advanced System Theory ... 11

2.1.2 Modeling and Simulation ... 13

2.2 Introduction to the Selected Specialization ... 15

2.2.1 Modul Group: Introduction to Signal and Information Processing ... 15

2.2.1.1 Statistical Signal Processing ... 16
2.2.1.2 Statistical Learning and Pattern Recognition ... 18

2.2.2 Modul Group: Introduction to Electronics and Devices ... 22

2.2.2.1 Fields and Waves ... 23
2.2.2.2 Circuit and System Design ... 26

2.3 Modul Group: Management and Application ... 29

2.3.1 Management of Technical Projects ... 30

2.3.2 Topics in Systems Engineering ... 33

2.4 Modul Group: Fundamentals of Electrical Systems Engineering ... 35

2.4.1 Advanced Control ... 36

2.4.2 Introduction to Algorithms ... 39

2.4.3 Digital Speech Signal Processing ... 42

2.4.4 High-Frequency Engineering ... 46

2.4.5 Mechatronics and Electrical Drives ... 49

2.4.6 Software Engineering ... 52

2.5 Specialization ... 55

2.5.1 Modul Group: Signal and Information Processing 55

2.5.1.1 Advanced Control Methods for Mechatronics 56
2.5.1.2 Advanced Topics in Robotics 59
2.5.1.3 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip 62
2.5.1.4 Cognitive Systems Engineering – Special Topics 65
2.5.1.5 Digital Image Processing I 69
2.5.1.6 Digital Image Processing II 72
2.5.1.7 Dynamic Programming and Stochastic Control 75
2.5.1.9 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method 78
2.5.1.10 Optical Waveguide Theory 81
2.5.1.11 Optimal and Adaptive Filters 84
2.5.1.12 Robotics 87
2.5.1.13 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning 90
2.5.1.14 Topics in Signal Processing 94
2.5.1.15 Wireless Communications 96

2.5.2 Module Group: Electronics and Devices 100

2.5.2.1 Advanced VLSI Design 101
2.5.2.2 Analog CMOS ICs 104
2.5.2.3 Controlled AC Drives 107
2.5.2.4 Energy Transition 110
2.5.2.5 Fast Integrated Circuits for Wireline Communications 113
2.5.2.6 High-Frequency Electronics 117
2.5.2.7 Integrated Circuits for Wireless Communications 120
2.5.2.8 Micro-Electromechanical Systems 124
2.5.2.9 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method 127
2.5.2.10 Optical Communication A 130
2.5.2.11 Optical Communication B 133
2.5.2.12 Optical Communication C 136
2.5.2.13 Optical Communication D 139
2.5.2.14 Optical Waveguide Theory 142
2.5.2.15 Power Electronic Devices 145
2.5.2.16 Power Electronics 148
2.5.2.17 Processing of Semiconductors 151
2.5.2.18 Radio Frequency Power Amplifiers 153
2.5.2.19 Sensor Technology 156
2.5.2.20 Solar Electric Energy Systems 159
2.5.2.21 Switched Mode Power Supplies 162
2.5.2.22 VLSI Testing 165

2.6 Modul Group: Electrical Systems Engineering 168

2.7 Projects 169

2.8 General Studies 171

2.9 Master's Thesis 172

1 General Remarks

1.1 Overview of Course Program

The Master's program Electrical Systems Engineering (MS ESE) at the University of Paderborn provides students with a solid background in the theory and the fundamental concepts of electrical systems design. It gives insights into current trends and developments and ample opportunities for practical experience. Upon completion of the MS ESE, students are awarded a *Master of Science in Electrical Systems Engineering*.

Table 1 shows the design of the master's program. In the first semester fundamentals are being taught and the students will start to fill individual gaps. The chosen specialization will be started in the first three semesters and will be consolidated by modules in the third semester. Starting in the second semester the students realize one or two projects in teams where each project shall incorporate hardware as well software engineering techniques and furthermore scientific approaches for advanced electrical systems. The program will be completed by modules dealing with soft skills. The forth semester is reserved for the Master thesis. When finishing the program the students are able to develop independently solutions for complex problems.

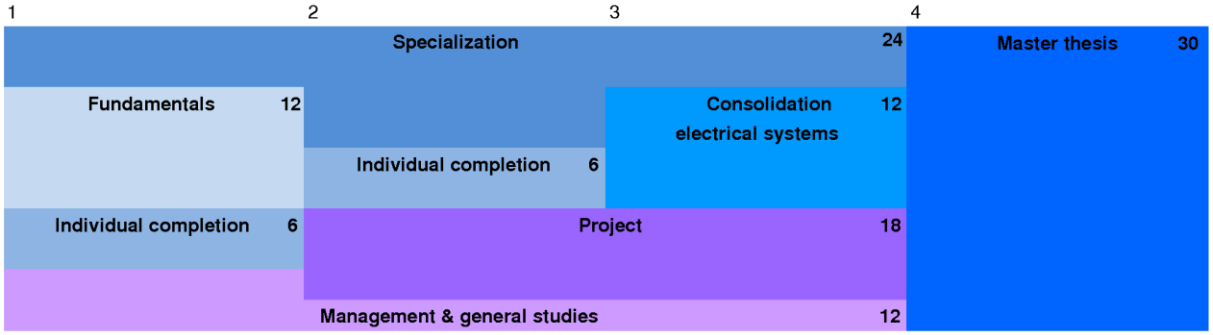

Table 1: Design of Master's Program

As can be seen from the **Table 2**, the Master's program consists of six compulsory modules (30 credit points), four compulsory elective modules (24 CP) and two electve modules (12 CP), totaling 66 credit points. The degree plan is complemented with general studies (6 CP), one one-year project or two half-year projects (18 CP) and the Master's thesis (30 CP). This gives a total of 120 CP.

Four modules are specific to the selected specialization, be it S&IP or E&D. The compulsory elective or elective modules of the selected specializations are listed in catalogs from which the students may choose their courses:

- Module group S&IP: Modules in the field of signal and information processing
- Module group E&D: Modules in the field of electronics and devices

or the students may choose compulsory modules from the other specialization.

A more detailed overview of the degree plan is given in **Table 3** and

Table 4: They show the distribution of the modules over the four semesters. Related modules are depicted in the same color.

Module Group	**Modules**	**CP**
Introduction to Electrical Systems Engineering (Compulsory)	Advanced System Theory	6
	Modeling and Simulation	6
Introduction to Signal & Information Processing *or* Introduction to Electronics & Devices (Compulsory)	Introduction to S&IP: • Statistical Signal Processing • Statistical Learning and Pattern Recognition	12
	Introduction to E&D: • Fields and Waves • Circuit & System Design	12
Management and Application (Compulsory)	• Management of Technical Systems • Topics in Systems Engineering	6
Fundamentals of Electrical Systems Engineering (Compulsory elective)	2 modules from the module group	12
Signal & Information Processing *or* Electronics & Devices (Compulsory elective)	2 modules from the module groups S&IP or E&D depending on selected specialization	12
Electrical Systems Engineering (Elective)	2 modules from all modules offered in the Master's program if not used already	12
Projects	1 two-semester or 2 one-semester projects	18
General Studies	2 modules	6
Master's thesis		30
Total		120

Table 2: Overview of modules

Table 3: Degree plan for the "Signal & Information Processing" specialization

MS Electrical Systems Engineering Specialization: Signal & Information Processing			
1. Semester 20 SWS, 30 CP	2. Semester 20 SWS, 30 CP	3. Semester 20 SWS, 30 CP	4.Semester 30 CP
Introduction to ESE *Compulsory subject* **Advanced System Theory** (4 SWS, 6 CP)	Intro. to Signal & Info. Processing *Compulsory subject S&IP* **Statistical Learning & Pattern Recognition** (4 SWS, 6 CP)	Signal & Information Processing *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	**Master Thesis**
Introduction to ESE *Compulsory subject* **Modeling & Simulation** (4 SWS, 6 CP)	Signal & Information Processing *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	Electrical Systems Engineering *Elective* (4 SWS, 6 CP)	
Intro. to Signal & Info. Processing *Compulsory subject S&IP* **Statistical Signals** (4 SWS, 6 CP)	Fundamentals of ESE *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	Electrical Systems Engineering *Elective* (4 SWS, 6 CP)	
Fundamentals of ESE *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)			
Management and Application *Compulsory subject* **Management of Technical Projects** (2 SWS, 3 CP)	Projects *Elective* **Analysis/ Design** (6 SWS, 9 CP)	Projects *Elective* **Realization/ Test** (6 SWS, 9 CP)	
General studies *Elective* **Language Course German or other** (2 SWS, 3 CP)	General studies *Elective* **Language Course German or other** (2 SWS, 3 CP)	Management and Application *Compulsory seminar* **Topics in Systems Engineering** (2 SWS, 3 CP)	(30 CP)
Abbreviation s: SWS: Hours per week CP: ECTS credits			22.02.2012

MS Electrical Systems Engineering
Specialization: Electronics & Devices

1. Semester 20 SWS, 30 CP	2. Semester 20 SWS, 30 CP	3. Semester 20 SWS, 30 CP	4.Semester 30 CP
Introduction to ESE *Compulsory subject* **Advanced System Theory** (4 SWS, 6 CP)	Intro. to Electronics & Devices *Compulsory subject E&D* **Fields & Waves** (4 SWS, 6 CP)	Electronics & Devices *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	**Master Thesis**
Introduction to ESE *Compulsory subject* **Modeling & Simulation** (4 SWS, 6 CP)	Electronics & Devices *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	Electrical Systems Engineering *Elective* (4 SWS, 6 CP)	
Intro. to Electronics & Devices *Compulsory subject E&D* **Circuit & System Design** (4 SWS, 6 CP)	Fundamentals of ESE *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)	Electrical Systems Engineering *Elective* (4 SWS, 6 CP)	
Fundamentals of ESE *Compulsory elective* (4 SWS, 6 CP)			
Management and Application *Compulsory subject* **Management of Technical Projects** (2 SWS, 3 CP)	Projects *Elective* **Analysis/ Design** (6 SWS, 9 CP)	Projects *Elective* **Realization/ Test** (6 SWS, 9 CP)	
General Studies *Elective* **Language Course German or other** (2 SWS, 3 CP)	General Studies *Elective* **Language Course German or other** (2 SWS, 3 CP)	Management and Application *Compulsory seminar* **Topics in Systems Engineering** (2 SWS, 3 CP)	(30 CP)

Abbreviations: SWS: Hours per week
CP: ECTS credits

13.10.2014

Table 4: Degree plan for the “Electronics & Devices” Specialization

1.2 Purpose of Module Handbook

The module descriptions in this manual

- describe the goals, contents and interdependencies between the modules offered in the degree plan,
- offer students useful and mandatory information to plan their individual degree plan,
- provide teaching staff and others with an in-depth view of the contents and methodological organization of the course program

1.3 Schema of Module Descriptions

The module descriptions are given in a standardized scheme. Wherever possible, information is given both in German and English.

Each module is described in tabular form containing the following topics

- A block with the key data of the module:
  - Koordinator / *Coordinator:*
    Name of teacher.
  - Lehr- und Forschungseinheit / *Teaching unit*:
    Name of research group offering the module.
  - Typ / *Type*:
    Type of module offered (e. g. lecture, exercise, seminar, …).
  - Arbeitspensum / *Workload*
  - Leistungspunkte / *Credits*:
    Number of ECTS credit points allocated to the module.
  - Modulseite / *Module Homepage*:
    Link to a web site containing information about the module.
  - Zeitmodus / *Semester*:
    Information about when the module is offered (e. g. winter or summer semester).
- Kurzbeschreibung / *Short Description*:
  Short description of the contents and goals of the course.
- Inhalt / *Contents*:
  More detailed description of the module contents.
- Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*
- Methodische Umsetzung / *Implementation*:
  Comments on the methodological concept.
- Inhaltliche Voraussetzungen / *Prerequisites*:
  Information about which modules should have been successfully attended or which competences acquired before entering the module under description. All prerequisites are recommendations.

- Kombinationshinweise – Überschneidungen / *Related and overlapping modules*:
  Information about preferable combination or overlap with other courses.
- Prüfungsmodalitäten / *Assessments*:
  Klausur, mündliche Prüfung, Vortrag, schriftliche Ausarbeitung oder andere Prüfungsform / *Wr*itten or oral exam, oral presentation, written report or other assessments
- Unterrichtssprache / *Teaching Language*
- Lehrmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

1.4 Examinations

All modules will be completed by an exam.

In the Master's program there exist different forms of assessments (written or oral exam, oral presentation, written report or other assessments). The assessments are offered directly after the end of the module. Credits will only be granted if the entire module is completed successfully.

The duration of a written exam depends on the number of credits for the respective course. It will last 60 to 120 minutes for a module with up to 5 credits and 120 to 240 minutes for a module with more than 5 credits.

Similarly, an oral examination will last 20 to 30 minutes for a module with up to 5 credits and 30 to 45 minutes for a module with more than 5 credits.

The dates for written exams will be published within the first three weeks of the lecture period, while the oral exams will be arranged individually between professor and student. If a written or an oral exam is possible, the examination board will announce within the first three weeks of the lecture period which type of examination will be offered at the end of a module.

1.5 List of Abbreviations

CP	Credit Point
ECTS	European Credit Transfer System
SWS	Semester load (weekly hours) / credit hours (Semesterwochenstunden)
2L *or* 2V	Lecture (*Vorlesung*) with 2 SWS (10 – 150 participants)
2Ex *or* 2Ü	Exercise (*Übung*) with 2 SWS (15 – 25 participants)
WS	Winter semester
SS	Summer semester
2P	Project with 2 SWS
2PS	Project seminar with 2 SWS
2S	Seminar with 2 SWS
S&IP	Signal and Information Processing
E&D	Electronics and Devices

2 Module Descriptions

2.1 Modul Group: Introduction to Electrical Systems Engineering

The modules of this group are compulsory to all MS-ESE students.

Module Group	**Introduction to Electrical Systems Engineering**
Modules	• Advanced System Theory • Modeling and Simulation
Teaching objectives	The students in the Master's program ESE have a very heterogeneous educational background. These two modules should provide a common level for all other modul to come. The first module will provide a theoretical and methodological understanding of electrical systems. Nowadays, the process of developing electrical systems is assisted by various modeling and simulation tools. Therefore, the second module will give an overview of the underlying principles of modeling and simulation techniques and discuss their advantages as well as their limits.

Table 5: Module Group: Introduction to Electrical Systems Engineering

2.1.1 Advanced System Theory

Advanced System Theory ***Advanced System Theory***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92001	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.27018 Advanced System Theory: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92001 Advanced System Theory: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 100)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Voraussetzung sind Grundkenntnisse von Differentialgleichungen, linearer Algebra und Laplace-Transformation, wie sie in einer typischen Systemtheorie-Vorlesung auf Bachelor Niveau behandelt werden.

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

Prerequisites are a basic understanding of differential equations, linear algebra, and Laplace transforms, as they are covered in a typical undergraduate course on system theory.

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 dyna-

mischen 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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Schreier, Peter, Prof. Dr.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://sst.upb.de/teaching

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner)

Lectures and exercises (including some computer simulations)

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Handouts and tutorial questions; literature references will be given in the first lecture

2.1.2 Modeling and Simulation

Modellierung und Simulation ***Modeling and Simulation***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.90102	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.90102 Modeling and Simulation 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 100)

L.048.90102 Modeling and Simulation 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 100)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

- Vorkenntnisse in Matlab
- Kenntnisse in Mathematik und Physik auf Abiturniveau

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

- *Prior knowledge of programming in Matlab will be required*
- *Knowledge of mathematics and physics at the level of the university entrance qualification*

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

In der Veranstaltung werden Konzepte zu Techniken der Modellbildung und Simulation von technischen Systemen vorgestellt und implementiert.

In this lecture, techniques of constructing models and simulations of technical systems are introduced and implemented.

Inhalt / ***Contents***

- Einführung in den Modellierungsprozeß
- Zahlendarstellung in Digitalrechnern
- Numerische Methoden für gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen
- Discrete simulations

- *Introduction to the modeling process*
- *Number representation in digital computers*
- *Numerical schemes for ordinary and partial differential equations*
- *Discrete simulations*

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

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

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

- Modellierungsansätze und numerische Methoden zu kategorisieren und zu beurteilen (Analysieren)

- geeignete numerische Lösungsmethode zur Beschreibung von technisch-physikalischer Systeme zu identifizieren und anzuwenden (Anwenden, Synthetisieren)
- die gewonnenen Ergebnisse zu illustrieren und physikalisch zu bewerten (Evaluieren)
- numerische Algorithmen zu überarbeiten, entwickeln und deren Gültigkeit zu validieren (Synthetisieren, Evaluieren)

After attending the course, the students will be able to

- *categorize and analyze modelling schemes and numerical methods*
- *identify and apply numerical methods for technical-physical systems*
- *illustrate and physically evaluate the obtained results*
- *extend, develop and validate numerical algorithms*

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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.

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. In den Übungen wird die Theorie anhand von einfachen Fragestellungen und Rechenbeispielen vertieft, die während der Präsenzübungen selbstständig gelöst werden. Daneben werden ausgesuchte Beispiele anhand selbstgeschriebener und kommerzieller Software vertieft.

The theoretical concepts are taught in lecture form. The exercises consist of simple questions to be discussed as well as classical mathematical problems which are to be solved by the students in self-contained manner. Further, the students will use self-written as well as commercial software for selected topics.

2.2 Introduction to the Selected Specialization

Depending on the selected specialization (S&IP: Signal and Information Processing, or E&D: Electronics and Devices) two different compulsory modules of the respective module group have to be taken.

2.2.1 Modul Group: Introduction to Signal and Information Processing

The modules of this group are compulsory to all MS-ESE students choosing the specialization Signal and Information Processing (S&IP).

Modul group	**Introduction to Signal and Information Processing**
Modules	• Statistical Signal Processing • Statistical Learning and Pattern Recognition
Teaching objectives	The students will acquire fundamental knowledge how to apply statistical methods to signals and understand the paradigms of learning paradigms and classification.

Table 6: Module Group: Introduction to Signal and Information Processing

2.2.1.1 Statistical Signal Processing

Statistische Signalverarbeitung ***Statistical Signal Processing***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92004	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.24014 Statistische Signalverarbeitung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 100)

L.048.92004 Statistical Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Grundvorlesungen der Signaltheorie und Wahrscheinlichkeitsrechnung

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

Undergraduate courses in signal processing and probability

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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.

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.

Inhalt / ***Contents***

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.

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***

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.

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.

6 Prüfungsleistung / *Assessments*
Modulabschlussprüfung / *Final modul exam* Schriftliche oder mündliche Prüfung, je nach Anzahl der Teilnehmer. Dies wird in der ersten Vorlesung bekanntgegeben *Written or oral exam, depending on the number of students. This will be announced in the first lecture.*
7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*
Keine / *None*
8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*
Keine / *None*
9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. *The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*
10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). *The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*
11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET *EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*
12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*
Prof. Dr. Peter Schreier
13 Sonstige Hinweise / *Other notes*
Modulseite / *Module Homepage* http://sst.upb.de/teaching **Methodische Umsetzung / *Implementation*** Vorlesung und Übung *Lectures and tutorials* **Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*** Literature references are given in the first lecture.

2.2.1.2 Statistical Learning and Pattern Recognition

Statistische Lernverfahren und Mustererkennung ***Statistical Learning and Pattern Recognition***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92005	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.23012 Statistische Lernverfahren und Mustererkennung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)
L.048.92005 Statistical Learning and Pattern Recognition: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Vorkenntnisse aus der LehrveranstaltungVerarbeitung statistischer Signale
Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

Elementary knowledge in Statistics, as is taught in the course Statistical Signal Processing
Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Veranstaltung Statistische Lernverfahren und Mustererkennung vermittelt einen Einblick in die Komponenten und Algorithmen von statischen Mustererkennungssystemen. Es werden parametrische und nichtparametrische Ansätze vorgestellt, wie Charakteristika aus Daten entweder überwacht oder unüberwacht gelernt werden können und wie unbekannte Muster erkannt werden. Die vorgestellten Techniken können auf vielfältige Mustererkennungsprobleme angewendet werden, sei es für eindimensionale Signale (z.B. Sprache), zweidimensionale (z.B. Bilder) oder symbolische Daten (z.B. Texte, Dokumente).

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

Inhalt / ***Contents***

- Bayes'sche und andere Entscheidungsregeln
- Überwachte Lernverfahren: Parametrische (Maximum Likelihood, Bayes'sches Lernen) und nichtparametrische Verfahren (Parzen-Fenstermethode)
- Lineare Dimensionsreduktion (PCA, LDA)
- Lineare Klassifikatoren, Support Vector Machines
- Neuronale Netze (Multilayer Perceptron)
- Unüberwachte Lernverfahren (Mischungsverteilungen, Clusterverfahren)
- Allgemeine Überlegungen (Bias-Varianz Dilemma, Minium 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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Häb-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 Tafeleinsatz, 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

2.2.2 Modul Group: Introduction to Electronics and Devices

The modules of this group are compulsory to all MS-ESE students choosing the specialization Electronics and Devices (E&D).

Module Group	**Introduction to Electronics and Devices**
Modules	• Fields and Waves • Circuit and System Design
Teaching objectives	The students will acquire fundamental knowledge in theoretical electrical engineering and the design of electrical systems including their components.

Table 7: Module Group: Introduction to Electronics and Devices

2.2.2.1 Fields and Waves

Felder und Wellen ***Fields and Waves***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.90101	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 2	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.90101 Fields and Waves: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 50)

L.048.90101 Fields and Waves: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Einführung in die Maxwellsche Feldtheorie, von grundlegenden Kenntnissen bis hin zu Wellen in verschiedenen Wellenleitern

Introduction in the Maxwellian theory of electromagnetic fields and waves, from fundamentals up to the analysis of several wave guiding structures.

Inhalt / ***Contents***

Wiederholung von Grundlagen (Maxwellsche Gleichungen und Materialbeziehungen, Grenzflächen, Energie), die Wellengleichung und ihre Lösungen, Gesetze von Snellius und Fresnel, Dispersion, Wellenleitung, Abstrahlung von Wellen

Recapitulation of Basics (Maxwell's equations, constitutive relations, continuity conditions, energy), the wave equation and its solutions , Snell's law and Fresnel formulas, dispersion, waveguides, radiation of waves

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

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

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

- zeitharmonische elektromagnetische Feldprobleme mathematisch zu formulieren (Modellbildung, Analysieren)
- geeignete analytische Lösungsmethoden zu identifizieren und anzuwenden (Anwenden, Synthetisieren)
- die gewonnenen Ergebnisse zu veranschaulichen und physikalisch zu bewerten (Evaluieren)
- theoretische Modelle zu entwickeln und deren Gültigkeit zu validieren (Synthetisieren, Evaluieren)

After attending the course, the students will be able

- *to mathematically model time harmonic electromagnetic field problems*
- *to identify and apply appropriate analytical methods*
- *to physically interpret and visualise the obtained results*
- *to extend, develop and validate theoretical models for electromagnetic field problems*

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 or 30-45 min or 30 min / 100%

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Förstner, Jens, Prof. Dr. rer. nat.

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 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.

The theoretical concepts are taught in lecture form. The exercises consist of simple questions to be discussed as well as classical field problems with mathematical solutions which are to be solved by the students in self-contained manner.

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

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

Slides and lecture notes, additional recommendations for textbooks will be given in the course.

2.2.2.2 Circuit and System Design

Schaltungs- und Systementwurf ***Circuit and System Design***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.90100	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.90100 Circuit and System Design: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / P / 50)

L.048.90100 Circuit and System Design: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / C / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Kenntnisse in Differenzialgleichungen, Laplace-Transformation, Netzwerkanalyse (Kirchhoffsche Gesetze etc.), elektronische Bauelemente (pn-Diode, MOS-Transistor, Bipolartransistor), grundlegende Kenntnisse des digitalen Schaltungsentwurfs (boolesche Algebra, Logikgatter usw.)

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

Good knoweledge in differential equations, Laplace transform, Fourier transform, electrical network analysis (Kirchhoff's laws etc.), Electron devices (pn-diode, MOS transistor, bipolar transistor), basic digital design (boolean algbra, logic gates etc.)

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Vorlesung führt in die Analyse und den Entwurf analoger und digitaler Schaltungen und Systeme ein. Sie baut auf grundlegende Kenntnisse elektronischer Bauelemente (Bachelor-Level), sowie der Pflichtvorlesungen "Advanced System Theory" und "Modeling und Simulation" auf.

The lecture gives an introduction to analysis and design of analog and digital circuits and systems. It builds on basic knowledge of electron devices (bachelor-level) and the compulsory lectures "Advanced System Theory" and "Modeling and Simulation".

Inhalt / ***Contents***

- Analysemethoden analoger Systeme
- Analysemethoden digitaler Systeme
- Grundschaltungen der Analog- und Digitaltechnik
- Modellierung und Simulation von Analog- und Digitalschaltungen
- Typische Komponenten und Sub-Systeme
- Anwendungsbeispiele

- *Analysis methods for analog systems*
- *Analysis methods for digital systems*
- *Elementary analog and digital circuits*
- *Modeling and numerical simulation of analog and digital circuits and systems*
- *Typical components and subsystems*
- *Application examples*

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

Fachkompetenz / *Domain competence*:

Der Studierende wird in der Lage sein,

- Analyse- und Entwurfsmethoden für analoge Systeme zu verstehen und zu beschreiben.
- Analyse- und Entwurfsmethoden für digitale Systeme zu verstehen und zu beschreiben.
- die Begrenzungen der verschiedenen Methoden zu beurteilen.
- das Verhalten einfacher analoger und digitaler Schaltungen zu verstehen und zu berechnen.
- ein numerisches Simulationswerkzeug für die Schaltungs- und Systemsimulation einzusetzen.
- Typische Komponenten und Subsysteme zu beschreiben.

The students will be able to

- *describe appropriate methods for analysis and design of analog systems*
- *describe appropriate methods for analysis and design of digital systems*
- *assess the limitations of the different methods*
- *understand and calculate the behaviour of simple analog and digital circuits*
- *use a numeric simulation tool for electronic systems and circuit simulation*
- *describe typical components and subsystems*

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

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

The lecture conveys an understanding of the interaction of different modeling techniques, mathematical analysis approaches, and numerical simulation, as well as how to apply these effectively to the design of technical systems. The methods for analog electronic design are transferrable to the design of continuous-time, continuous-amplitude systems. The methods for digital design are transferrable to the design of discrete-time, discrete-amplitude systems.

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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Scheytt, Christoph, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/circuit-and-system-design/

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung mit Powerpoint-Präsentation und handschriftlichen Herleitungen auf Tablet und Beamer
- Übung zu einem Teil als handschriftliche Rechenübung mit Tablet und Beamer
- Übung zum andern Teil mit praktischen Aufgabenstellungen und Simulation mit LTspice

- *Lecture with Powerpoint presentation and handwritten mathematical derivations using tablet and beamer*
- *One part of the exercises as handwritten calculation exercises using tablet and beamer*
- *Other part of exercises as practical design tasks using using LTspice simulation*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Handouts und Literatur-Referenzen werden in der Vorlesung gegeben.

Handouts and literature references will be given in the lecture.

2.3 Modul Group: Management and Application

Two compulsory modules for all MS-ESE students.

Module Group	**Management and Application**
Modules	• Management of Technical Projects • Topics in Systems Engineering
Teaching objectives	In the first module students will acquire soft skills how to manage technical projects (e. g. requirement analysis, specification, scheduling, planning & designing, monitoring & controlling, communication in teams, communication with customers). The second module is organized as aproject seminar offered alternatingly by different research groups of the institute EIM-E. The students will be familiarized with on-going projects. The aim is to demonstrate project management in real world examples.

Table 8: Module Group: Management and Application

2.3.1 Management of Technical Projects

Management of Technical Projects			
Modulnummer / *Module number* M.048.90103	**Workload (h)** 90	**Leistungspunkte / *Credits*** *3*	**Turnus / *Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / *Semester number* 1-3	**Dauer (in Sem.) / *Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache / *Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / *Module structure*

L.048.90103 Management of Technical Projects: 2PS (30 h / 60 h / P / 100)
L.048.90103 Management of Technical Projects: 2PS (30 h / 60 h / C / 100)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / *Admission requirements*

Keine / *None*

4 Inhalte / *Contents*

Kurzbeschreibung / *Short Description*

In dieser Veranstaltung erwerben die Studierenden Schlüsselqualifikationen im Bereich Projektmanagement (z.B. Anforderungsanalyse, Spezifikation, Zeitplanung, Planung und Entwurf, Überwachung und Controlling, Kommunikation in Arbeitsgruppen, Kommunikation mit Kunden).

In this course students will acquire soft skills how to manage technical projects (e.g., requirements analysis, specification, scheduling, planning and designing, monitoring & controlling, communication in teams, communication with customers).

Inhalt / *Contents*

Grundlagen - Projekt und Umfeld:

- Projektarten
- Stakeholderanalyse
- Projektorganisation und -struktur
- Projekt-Erfolgsfaktoren

Operatives Projektmanagement (Harte Faktoren):

- Projektphasen und -ziele
- Projektstruktur
- Ablauf- und Terminplanung
- Kosten- und Einsatzmittelplanung
- Änderungsmanagement
- Qualitätsmanagement
- Fortschrittskontrolle und Projektsteuerung
- Projektabschluss und -Retrospektive

Menschen im Projekt (Weiche Faktoren):

- Teambildung und -führung
- Kommunikation im Team
- Problem- und Konfliktlösung

Foundations - The Project and its Environment:

- *Types of Projects*

- *Stakeholder Analysis*
- *Project Organization and Structure*
- *Project Success Factors*

Operative Project Management (Hard Factors):

- *Project Phases and Objectives*
- *Project Structure*
- *Scheduling*
- *Cost and Resource Planning*
- *Change Management*
- *Quality Management*
- *Controlling*
- *Project Completion and Lessons Learned*

Humans in Projects (Soft Factors)

- *Team Building and Leadership*
- *Communication in Teams*
- *Problem and Conflict Resolution*

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen sind in der Lage, die Grundlagen des technischen Projektmanagments zu beschreiben und anzuwenden.

The participants are able to describe and use the fundamentals of technical project management.

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen sind in der Lage, Aspekte der Kommunikation im Team sowie Problem- und Konfliktlösungsansätze zu beschreiben und anzuwenden.

The participants are able to describe the aspects of communication in teams and make use of techniques to solve problems and conflicts.

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 90-150 min oder 20-30 min oder 30-60 min / 100%

Written or Oral Examination or Presentation / 90-150 min or 20-30 min or 30-60 min / 100%

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Flake, Stephan

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Die theoretischen und methodischen Grundlagen aus den Vorlesungsdokumenten werden von den Teilnehmern und Teilnehmerinnen in Form einer Projektarbeit zu einem ausgewählten Thema angewendet. Jeder Teilnehmer/jede Teilnehmerin stellt die Ergebnisse dieser Projektarbeit den anderen Teilnehmerinnen in einem Kurzvortrag vor mit anschließender Diskussion und Feedback.

The participants will use the theoretical and methodic fundamentals from the lecture notes for a project work about a selected topic. In some of the later lectures, the participants will present the results of their project work in a short presentation, followed by a discussion with the other participants and feedback.

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Lernmaterial wird zu den jeweiligen Vorlesungen verteilt.

Lecture notes will be provided for each individual lecture.

Es gibt diverse gute Literaturlisten im Internet, z.B. http://ipma.ch/education/recommended-literature/. Hinweise zu weiterer Literatur werden während der Veranstaltung gegeben.

There are various good reference lists available in the Internet, e.g., http://ipma.ch/education/recommended-literature/. Further hints will be given during the course.

2.3.2 Topics in Systems Engineering

Topics in Systems Engineering			
Modulnummer / ***Module number***	**Workload (h)** 90	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *3*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Winter- und Sommersemester / *winter and summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

Topics in Systems Engineering: 2PS (60 h / 30 h / P / 25)

Topics in Systems Engineering: 2PS (60 h / 30 h / C / 25)

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

1 of n

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Das Projektseminar wird semesterweise wechselnd von Fachgebieten des Instituts für Elektro- und Informationstechnik angeboten. Die Studierenden lernen exemplarisch Projektmanagement für den Entwurf und die Realisierung elektrischer Systeme an aktuellen Beispielen aus dem jeweiligen Forschungsgebiet kennen.

The project seminar is organized alternatingly by different research groups of the institute EIM-E. The students will be familiarized with on-going projects. The aim is to demonstrate project management in real world examples.

Inhalt / ***Contents***

Wechselnd

Varying

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

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

Die Studierenden

- verfügen über die Fähigkeit zur wissenschaftlichen Recherche und zur Präsentation wissenschaftlicher Erkenntnisse,
- sind in der Lage, sich Erkenntnisse und Wissen selbständig aktiv zu erarbeiten und kritisch zu reflektieren.

Durch die exemplarische Vertiefung der im Studium behandelten Inhalte kommen die Studierende in Kontakt mit Forschungsfragen, Forschungsmethodik und Projektmanagement des Electrical System Engineering.

The students are

- *able to do scientific research and to present scientific findings,*
- *to accumulate findings and knowledge autonomously and to reflect them in a critical manner.*

By intensifying the course contents of the master's program the students are confronted with research questions and methodology as well as project management of Electrical System Engineering.

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

Die Studierenden

- können technische Vorträge entwerfen und
- beherrschen grundlegende Vortragstechniken.

The students

- *are able to design technical presentation and*
- *are familiar with basic presentation techniques.*

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat / 90-150 min oder 20-30 min oder 30-60 min / 100%

Written or Oral Examination or Presentation / 90-150 min or 20-30 min or 30-60 min / 100%

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Wechselnd / *Varying*

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Vorträge der Studierenden

Talks by the students

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Werden in der Veranstaltung bekannt gegeben.

Will be announced in the course.

2.4 Modul Group: Fundamentals of Electrical Systems Engineering

These compulsory elective modules are meant to close gaps in the knowledge of students. They choose two from a list of six modules.

Module Group	**Fundamentals of Electrical Systems Engineering**
Modules	• Advanced Control • Introduction to Algorithms • Digital Speech Signal Processing • High-Frequency Engineering • Mechatronics and Electrical Drives • Software Engineering
Teaching objectives	As students with quite different background may enter this Master's program it is necessary to harmonize their knowledge background. For a student with a Bachelor degree in Electrical Engineering it may be e. g. necessary to fill up knowledge gaps in the field of Software Engineering, while students with a Computer Engineering degree should perhaps attend a module in Mechatronics & Electrical Drives. Students will be advised on which two modules out of the following list to choose from.

Table 9: Module Group: Fundamentals of Electrical Systems Engineering

2.4.1 Advanced Control

Höhere Regelungstechnik ***Advanced Control***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92037	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Winter- und Sommersemester / *winter and summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.27001 Höhere Regelungstechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)
L.048.92037 Advanced Control: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Bachelorlehrveranstaltungen zur Regelungstechnik und Systemtheorie werden vorausgesetzt-
Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

Undergraduate-level systems theory and automatic control
Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Aufbauend auf Systemtheorie und Regelungstechnik Kurse im Bachelor Studium befasst sich dieser Kurs mit dem Entwurf von zeitdiskreten Regelungssysthemen 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.

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.

Inhalt / ***Contents***

- Abtastung von Systemen
- Frequenzbasierte Analyse von linearen zeitinvarianten Regelungskreisen (Eingrößensysteme): Empfindlichkeitsfunktionen, Stabilität, Modellunbestimmtheiten und Robutheit
- Reglerentwurf via Polvorgabe und Youlaparametrierung
- Stellgrößenbegrenzung und Anti-Windup-Maßnahme
- dynamische Programmierung
- linear-quadratische Regelung
- Kalmanfilter
- modelprädiktive Regelung

- *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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Quevedo, Daniel, Prof. Dr.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://control.upb.de/

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Simulationen am Rechner

- *Lectures using blackboard and, at times, transparencies*
- *Tutorials with study guides and computer simulations*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Der Kurs basiert sich auf ausgewählte Teile der angefügten Literaturliste. Dazu werden Skript und Übungsblätter bereitgestellt.

The course uses a selection of material from the books included in the list below. In addition, lecture notes and study guides are provided.

- K. J. Astrom and B. Wittenmark, Computer controlled systems. Theory and design. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, second ed., 1990.
- G. C. Goodwin, S. F. Graebe, and M. E. Salgado, Control System Design. Prentice-Hall, 2001.
- J. B. Rawlings and D. Q. Mayne, Model Predictive Control: Theory and Design. Madison, WI: Nob Hill Publishing, 2009.
- B. D. O. Anderson and J. Moore, Optimal Filtering. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1979.
- K. J. Astrom, Introduction to Stochastic Control Theory. New York, N.Y.: Academic Press, 1970.

2.4.2 Introduction to Algorithms

Introduction to Algorithms ***Introduction to Algorithms***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.90501	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 5-6	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.10907 Introduction to Algorithms: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)
L.048.90501 Introduction to Algorithms: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Mathematische Grundlagen (z.B. asymptotisches Verhalten von Funktionen, Wahrscheinlichkeiten)
Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

Mathematical basics (e.g. asymptotic behavior of functions, probabilities)
Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Der Kurs gibt eine Einführung in Entwurf und Analyse von Algorithmen.
The course gives an introduction into the design and analysis of algorithms.

Inhalt / ***Contents***

Sortieralgorithmen, Grundlegende Datenstrukturen, Graphen und Graphenalgorithmen, Entwurf und Analyse von Algorithmen (Problemkomplexität, Laufzeit und Speicherplatzkomplexität von Algorithmen, exakte und heuristische Lösungen, probabilistische Ansätze)
Sorting algorithms, basic data structures, graphs and graph algorithms, design and analysis of algorithms (problem complexity, run time and storage complexity of algorithms, exact vs. heuristic solutions, probabilistic approaches)

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

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

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

- grundlegende Algorithmen und Datenstrukturen zu beschreiben und zu erklären,
- die behandelten Verfahren selbständig auf neue Beispiele anzuwenden,
- die gefundenen Lösungen bezüglich Laufzeit zu analysieren und zu bewerten,
- die entwickelten Algorithmen zu in einer modernen objektorientierten Programmiersprache zu implementieren.

After attending the course, the students will be able

- *to describe and explain basic algorithms and data structures,*
- *to apply them to new problems,*
- *to analyze and evaluate the developed solutions with respect to run time,*
- *to implement the developed algorithms in a modern object oriented programming language.*

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden können

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

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EBA, WGBAET, ESEMA, MA LABKET

EBA, WGBAET, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

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

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

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

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung mit Übung (teilweise am Rechner)
- Programmierprojekt

- *Lecture combined with lab course (partly with hands-on programming exercises)*
- *Programming project*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

- T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, C. Stein: Introduction to Algorithms. 2nd Edition, MIT Press, 2002.
- E. Horowitz, B. Sahni, B. Rajabkaran: Computer Algorithms – C++, 2nd Edition, Computer

Science Press, 1998
- V. Aho, J. E. Hopcroft, and J. Ullman, Data Structures and Algorithms. 1st Edition Addison-Wesley, 1983
- R. Sedgewick: Algorithms in C++, Addison-Wesley, 2001.
- M. R. Garey and D. S. Johnson: Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness, W. H. Freeman & Co Ltd., 1979
- Kopien der Vorlesungfolien / Handouts of Lecture Slides

2.4.3 Digital Speech Signal Processing

Digitale Sprachsignalverarbeitung ***Digital Speech Signal Processing***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92041	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch / *German or English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.24001 Digitale Sprachsignalverarbeitung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.24001 Digital Speech Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Vorkenntnisse aus dem Modul Höhere Mathematik.

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

Prior knowledge from the module Higher Mathematics.

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Veranstaltung führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur digitalen Sprachsignalverarbeitung ein. Schwerpunkt des ersten Teils der Vorlesung liegt im Themengebiet „Hören und Sprechen“, welches sich mit psychologischen Effekten der Geräuschwahrnehmung und der Spracherzeugung beschäftigt. Anschließend werden zeitdiskrete Signale und Systeme, sowie deren rechnergestützte Verarbeitung besprochen. Die nichtparametrische Kurzeitanalyse von Sprachsignalen, die Sprachcodierung und die IP-Telefonie sind weitere Themen.

The course introduces the basic techniques and theories of digital speech signal processing. A focal point of the first part of the lecture is the topic “Listening and Speaking”, which is concerned with psychological effects of human sound perception and speech production. Subsequently, time discrete signals and systems, as well as computer based data processing are discussed. Further topics are non-parametric short-time analysis of speech signals, speech coding and IP-phones.

Inhalt / ***Contents***

- Sprechen und Hören
  - o Spracherzeugung: menschliche Sprechorgane, Lautklassen, Quelle-Filter-Modell, Vocoder
  - o Grundlagen Schallwellen
  - o Hören: menschliches Hörorgan, Psychoakustik und Physiologie des Hörens, Lautheit, Verdeckung, Frequenzgruppen
- Zeitdiskrete Signale und Systeme
  - o Grundlagen: Elementare Signale, LTI-Systeme
  - o Transformationen: Fouriertransformation zeitdiskreter Signale, DFT, FFT
  - o Realisierung zeitdiskreter Filterung im Frequenzbereich: Overlap-Add, Overlap-Save
- Statistische Sprachsignalanalyse

o Grundlagen Wahrscheinlichkeitsrechnung
o Kurzzeitanalyse von Sprachsignalen: Spektrogramm, Cepstrum

- Schätzung von Sprachsignalen

o Optimale Filterung
o LPC-Analyse
o Spektrale Filterung zur Rauschunterdrückung
o Adaptive Filterung: LMS Adaptionsalgorithmus, Echokompensation

- Sprachcodierung

o Signalformcodierung, parametrische Codierung, hybride Codierverfahren
o Codierung im Frequenzbereich
o Amplitudenquantisierung: gleichförmige Quantisierung, Quantisierung mit Kompandierung (µlaw, alaw)

- *Listen and talk*

o Generating voice: human vocal tract, source filter model, vocoder
o Acoustic waves
o Listen: human ear, psycho acoustics and physiology of listening, loudness, acoustic occlusion, frequency groups

- *Time-discrete signals and systems*

o Basics: Elementary signals, LTI systems
o Transformations: Fourier transformation of time-discrete signals, DFT, FFT
o Time-discrete filtering in frequency domain: Overlap-Add, overlap-Save

- *Statistical speech signal analysis*

o Basics in theory of probabilities
o Short-run analysis of speech signals: Spectrogram, cepstrum

- *Estimation of speech signals*

o Optimal filters
o LPC analysis
o Spectral filtering for noise suppression: spectral subtraction, Wiener filter
o Adaptive Filters: LMS adaptation algorithm, echo compensation

- *Speech coding*

o Time domain coding: signal shape coding, parametric coding, hybride coding tech-niques
o Frequency domain coding
o Amplitude quantization: uniform quantization, quantization with companders (µlaw, alaw)

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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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 Tafeleinsatz und Präsentationen,

- Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Übungsblättern und Rechnern und
- Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung
- *Lectures using the blackboard and presentations,*
- *Alternating theoretical and practical exercise classes with exercise sheets and computer and*
- *Demonstration of real technical systems in the lecture hall.*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*
Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte
Allocation of a script; information on textbooks ; matlab scripts

2.4.4 High-Frequency Engineering

Hochfrequenztechnik ***High Frequency Engineering***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92002	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch und Englisch / *German and English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.24007 Hochfrequenztechnik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92002 High Frequency Engineering: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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

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

Inhalt / ***Contents***

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

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

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

Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

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

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,

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

Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

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

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Vorlesung und Übung

Lecture and exercise

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- Thiede, A.: Skriptum Hochfrequenzelektronik/High-Frequency Electronics, Universität Paderborn

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

2.4.5 Mechatronics and Electrical Drives

Mechatronik und elektrische Antriebe ***Mechatronics and Electrical Drives***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92003	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.27006 Mechatronik und elektrische Antriebe: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92003 Mechatronics and Electrical Drives: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Bachelor-Kurs über die Grundlagen elektrischer Antriebe

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

Bachelor's course on basics of electrical drives

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Der Kurs erklärt und definiert zunächst den Begriff der Mechatronik als interdisziplinäres Gebiet zwischen Elektrotechnik, Maschinenbau und Informationstechnik und zeigt verschiedenene Anwendungsbeispiele. Als ein typisches mechatronisches Beispiel wird das Magnetlager ausführlich behandelt. Methodisch wird dabei mit Energieprinzipien gearbeitet. Als weitere mechatronische Beispiele werden der geschaltete Reluktanzmotor und der elektronisch kommutierten Gleichstrommotor besprochen.

The course first explains and defines the term mechatronics as interdisciplinary area between electrical and mechanical engineering and information technology. Various application examples are shown. As a typical example, the magnetic bearing is comprehensively discussed. As a method, energy principles are applied. Further mechatronic examples address the switched reluctance motor and the electronically commutated DC motor.

Inhalt / ***Contents***

- Einführung und Definition mechatronischer Systeme (Mechanik, Elektrotechnik, Informationstechnik)
- Grundstruktur mechatronischer Systeme (Energie-, Material-, Informationsflüsse, Regelkreis)
- Modellierung mit Hilfe von Energieprinzipien (innere Energie, Ergänzungsenergie)
- Modellierung und Berechnung von magnetischen Kreisen (Felder, Reluktanz, Induktivität, Fluss, Durchflutung)
- Ferromagnetische und permanentmagnetische Materialien (Magnetisierungskennlinie, Hysterese, Magnetisierungsverluste)
- Modellierung und Regelung eines mechatronischen Systems am Beispiel eines Magnetlagers
- Switched-Reluctance-Motor
- Gleichstrommotor

- Elektronisch kommutierter Gleichstrommotor

- *Introduction and definition of mechatronic systems*
- *Basic structure of mechatronic systems (flow of energy, material and information, control loop)*
- *Modeling based on energy principles (internal energy, co-energy)*
- *Modeling and computation of magnetic circuits (field, reluctance, inductance, flux, MMF)*
- *Ferromagnetic and permanent magnet materials*
- *Modeling and control of a mechatronic system taking a magnetic bearing as an example*
- *Switched reluctance motor*
- *DC motor*
- *Brushless DC motor (characteristics, structure, modeling, power electronics, control)*

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

- Verständnis von mechatronischen Systemen als das Zusammenwirken von elektromagnetischen, mechanischen und informationsverarbeitenden Komponenten
- Systemmodellierung auf der Basis von Energieprinzipien

- *Understanding of mechatronic systems as interacting electromagnetic, mechanic and information processing components*
- *System modeling based on energy principles*

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

- Übertragung bekannter Prinzipien in andere Fachdisziplinen
- Erweiterung des Abstraktionsvermögens
- Funktionale Sichtweise

- *Application of known principles in different disciplines*
- *Extension of the ability to abstract*
- *Functional reflection*

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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*** Ein Teil der Übungen wird als Rechnerübungen angeboten. *Parts of the course are organized as computer-based exercises.* **Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*** Vorlesungsfolien und Skript, weitere Literaturempfehlungen werden in der Vorlesung bekannt gegeben. *Lecture notes, slides. Other literature will be given in the lecture.*

2.4.6 Software Engineering

Softwaretechnik ***Software Engineering***			
Modulnummer / ***Module number*** M.079.xxxxx	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.079.xxxxx Software Engineering 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 0)

L.079.xxxxx Software Engineering 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 0)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Programmierung und Projektentwicklung Erfahrung

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

Programming and project development experience

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Lehrveranstaltung Softwaretechnik behandelt Lösungsansätze und allgemeingültige Prinzipien für Software-Entwicklung, unabhängig von einer speziellen Programmiersprache. Neben der eigentlichen Software-Erstellung spielen Organisation und Management des Software-Erstellungsprozesses eine gleichrangige Rolle. Außerdem werden Qualitätssicherungsaspekte in der Softwaretechnik immer wichtiger. Dazu gehört die Validation erstellter Produkte, aber auch das Konfigurationsmanagement während des Software-Erstellungsprozesses.

The development of large programs requires an appropriate knowledge of the principles, methods, and tools of software engineering. Based on software engineering this course summarizes and trains principles, methods, and tools for software design and specification, considering also techniques of software quality assurance and configuration management.

Inhalt / ***Contents***

1. Einleitung
2. Der Prozess der Software-Entwicklung
3. Formale und semi-formale Entwicklungsmethoden
4. Nicht-formale Entwicklungsmethoden
5. Verlässlichkeit, Validation und Qualität – qualitative und quantitative Techniken

1. Introduction
2. The process of software development
3. Formal and semi-formal methods
4. Non-formal methods
5. Quality, dependability and validation – qualitative and quantitative Techniques

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 Software-Systemen aus unterschiedlichen Disziplinen zu im-

plementieren,
- Software-Systeme zu erklären und ihre Struktur zu erklären, zu verallgemeinern und im anderen Kontext erkennen.

After attending the course, the students will be able to

- *implement the dynamic behavior of software systems coming from different disciplines,*
- *explain software systems and generalize their structure.*

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

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

The students

- *are able to apply the knowledge and skills to a wide range of disciplines,*
- *are able to methodical make use techniques of software engineering,*
- *are, due to the abstract and precise comprehension and representation of complex systems and processes, in the position to self-educate themselves, and thus continue to increase their knowledge and skills.*

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner 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, ESEMA

EMA, ESEMA

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

N.N.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Vorlesung mit Übungen

Lecture combined with lab course

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

- Belli, F.: Pascal: Anleitung zur systematischen Programmierung und Konstruktion zuverlässiger Programme mit Anwendungsbeispielen in Standard- und Turbo- Pascal, Bd. III, BI.-Wiss.-Verl., Mannheim, 1989
- Pressman, R. S.: Software Engineering: A Practitioner's Approach, 7th edition, McGraw-Hill, New York etc., 2009
- Sommerville, I.: Software Engineering, 9th edition, Addison Wesley, 2010

2.5 Specialization

S&IP students choose two modules from the module group S&IP (Signal and Information Processing), while E&D students choose two modules from the module group E&D (Electronics and Devices).

2.5.1 Modul Group: Signal and Information Processing

The module group contains a wide selection of modules from which the students can choose.

Module Group	**Signal and Information Processing**
Modules	• Advanced Control Methods for Mechatronics • Advanced Topics in Robotics • Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip • Cognitive Systems Engineering – Special Topics • Digital Image Processing I • Digital Image Processing II • Dynamic Programming and Stochastic Control • Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method • Optical Waveguide Theory • Optimal and Adaptive Filters • Robotics • Topics in Pattern Recognition and Machine Learning • Topics in Signal Processing • Wireless Communications
Teaching objectives	The students select two modules according to their interests in the chosen specialization to acquire expertise in certain topics.

Table 10: Module Group: Signal and Information Processing

2.5.1.1 Advanced Control Methods for Mechatronics

Advanced Control Methods for Mechatronics ***Advanced Control Methods for Mechatronics***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92039	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.27024 Advanced Control Methods for Mechatronics: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92039 Advanced Control Methods for Mechatronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Der Schwerpunkt der Veranstaltung liegt im fortgeschritten 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
- Enwurf 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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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://controlsystems.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

2.5.1.2 Advanced Topics in Robotics

Advanced Topics in Robotics ***Advanced Topics in Robotics***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92006	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.23020 Advanced Topics in Robotics: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92006 Advanced Topics in Robotics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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.

The course Advanced Topics in Robotics is based on the course Robotics. The students are introduced to current research topics in the field of autonomous and teleoperated mobile robots to solve interdisciplinary issues. The challenges encountered in developing intelligent mobile systems are analyzed and current solutions presented.

Inhalt / ***Contents***

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

- *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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/atir

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
- Eine Einübung der präsentierten Methoden erfolgt danach im Übungsteil.
- Abschließend werden einfache Algorithmen von den TeilnehmerInnen implementiert, getestet und angewendet.

- Im Praktikumsteil werden die notwendigen Programmierkenntnisse vermittelt, er ist aber ausdrücklich nicht als Programmierkurs gedacht.

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

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

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

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

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

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

Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip ***Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92007	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Winter- und Sommersemester / *winter and summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.25016 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92007 Algorithms and Tools for Test and Diagnosis of Systems on a Chip: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Grundlagen der Technischen Informatik

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

Introduction to Computer Engineering

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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.

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.

Inhalt / ***Contents***

Unter anderem werden die folgenden Themen behandelt:

- Spezielle Verfahren für den eingebauten Selbsttest und für den eingebetteten Test
- Eingebaute Diagnose
- Test robuster und selbstadaptiver Systeme
- Adaptives Testen

Topics include but are not restricted to:

- *Advanced techniques for built-in self-test and embedded test*
- *Built-in diagnosis*
- *Test of robust and self-adaptive systems*
- *Adaptive Testing*

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 selbständigen 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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

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

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://www.date.upb.de/pages/en/teaching/homepage.php

Methodische Umsetzung / *Implementation*

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

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

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

- Vorlesungsfolien
- Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs

- *Lecture slides*
- *Additional material can be found in koala*

- Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits," Kluwer Academic Publishers,2000
- Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability," Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975
- Artikel aus Fachzeitschriften und Konferenzbänden / Articles from Journals and Conference Proceedings (e.g. IEEE Transactions on Computers, IEEE Transactions on CAD of Integrated Circuits and Systems, IEEE International Test Conference, etc.)

2.5.1.4 Cognitive Systems Engineering – Special Topics

Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel ***Cognitive Systems Engineering - Special Topics***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.23019 *MS ESE Students: see 'Contents' below for PAUL course numbers.*	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Winter- und Sommersemester / *winter and summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.23019 Technische kognitive Systeme - Ausgewählte Kapitel: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.23019 Cognitive Systems Engineering - Special Topics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine - aber Interesse am Seminarthema und interdisziplinärer Arbeit

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

None - but interest in the subject-matter and interdisciplinary work

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

In der Veranstaltung werden aktuelle Themen aus der Forschung zu technischen und Grundlagen von biologischenkognitiven Systemen behandelt.

The course presents cutting-edge topics of today's research on technical cognitive systems. Furthermore, the fundamentals of biological sensation and perception are covered.

Inhalt / ***Contents***

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 - Sensation and Perception in Biological Systems (L.048.90702 für MS ESE)**
  In Teil B (Sommersemester) wird ein Überblick über die Grundlagen biologischer Sensorik und Wahrnehmung gegeben. Neben den spannenden und (teils unintiuitiven) Hintergründen dieser Themen findet eine kritische Diskussion der Übertragbarkeit der biologischen Konzepte und Mechanismen auf technische Systeme statt.
- **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 - Sensation and Perception in Biological Systems (L.048.90702 für MS ESE)***
  Part B (summer semester) offers a broad overview of the fundamentals of sensation and perception in biological systems and the associated intriguing phenomena. The treatment of these topics is interwoven with a critical discussion concerning the implementation of bio-inspired mechanisms in technical systems.
- ***Cognitive Systems Engineering C - GET Research Seminar (L.048.62008 for MS ESE)***
  In summer semester and winter semester various presentations take place: current interim reports and results of seminar papers and diploma theses in progress, research projects and third-party funded projects focusing on research in the field of technical cognitive systems; lectures by guests of the GET Lab.

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

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

Die Studierenden

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

The students

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

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

The students

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

tems.

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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Modul / *Module*: Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.

CSE Part A:
Tünnermann, Jan Dr. gemeinsam mit / *together with*
Scharlau, Ingrid, Prof. Dr. (Kognitionspsychologie / *cognitive psychology*)

CSE Part B:
Tünnermann, Jan Dr. ,
Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.

CSE Part C:
Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.

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.

CSE B: Auszug / *Excerpt*

- Foley, H., & Matlin, M. (2015). Sensation and perception. Psychology Press.
- Wolfe, J. M., Kluender, K. R., Levi, D. M., Bartoshuk, L. M., Herz, R. S., Klatzky, R. L., Lederman, S. J., Merfeld, D. M. (2015). Sensation & Perception, Fourth Edition. Sunderland, MA: Sinauer.

2.5.1.5 Digital Image Processing I

Digital Image Processing I ***Digital Image Processing I***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92008	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.23002 Digital Image Processing I: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92008 Digital Image Processing I: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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, Glättungsfilter, Kantenfilter)
- Bildverbesserung im Frequenzraum (Fouriertransformation, Glättungsfilter, 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%

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Mertsching, Bärbel, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-I

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
- Eine Einübung der präsentierten Methoden erfolgt danach im Übungsteil.
- Abschließend werden einfache Bildverarbeitungsalgorithmen von den TeilnehmerInnen implementiert, getestet und angewendet.
- Im Praktikumsteil werden die notwendigen Programmierkenntnisse vermittelt, er ist aber aus-

drücklich nicht als Programmierkurs gedacht.

- *The theoretical and methodic 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 image processing algorithms.*
- *The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

Lecture notes, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing I (lecture notes)
- Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG
- Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital ImageProcessing. Prentice Hall, 3rd ed., 2007. ISBN-13: 978-013168728
- Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7.Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514

2.5.1.6 Digital Image Processing II

Digital Image Processing II ***Digital Image Processing II***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92010	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.23016 Digital Image Processing II: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92010 Digital Image Processing II: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

- Grundlegende Kentnisse der Bildverarbeitung

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

- *Basic knowledge of image processing*

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Veranstaltung "Digital Image Processing II" stellt ein Modul im Katalog "Kognitive Systeme" für Fortgeschrittene im Masterstudiengang "Elektrotechnik" und verwandten Studiengängen dar.

Die Veranstaltung baut auf dem Basismodul "Digital Image Processing I" auf und beschreibt Methoden zur Merkmalextraktion und Objekterkennung.

The course "Digital Image Processing II" is a module in the catalog "Cognitive Systems" for advanced students of the Electrical Engineering Master's program and related courses of studies.

It follows the fundamental course "Digital Image Processing I" and describes methods for feature extraction and object recognition.

Inhalt / ***Contents***

- Wavelets und Mehrebenenverfahren (Bildpyramiden, Wavelet-Transformation)
- Bildsegmentation (Linien- und Kantendetektion, Schwellwertverfahren, Regionen-basierte Segmentierung, Wasserfall-Verfahren, Bewegung)
- Repräsentation und Beschreibung (Kettencodes, Signaturen, Konturbeschreibungen, Flächendeskriptoren)
- Stereo Image Analysis (Tiefenwahrnehmung, Stereogeometrie, Korrespondenzproblem)
- Bewegungsschätzung (optischer Fluss, Bewegungsmodelle, Bewegungssegmentation)
- Objekterkennung (Objektbeschreibungen, Klassifikatoren, probabilistische Ansätze)

- *Wavelets and multiresolution processing (Image pyramids, Wavelet transforms)*
- *Image segmentation (Line- and edge detection, thresholding, region-based segmentation, watershed algorithm, motion)*
- *Representation and description (chain codes, signatures, contour descriptors, regional des-*

criptors)

- *Stereo Image Analysis (depth perception, stereo geometry, correspondence problem)*
- *Motion estimation (optical flow, motion models, motion segmentation)*
- *Object recognition (object descriptions, classificators, 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 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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Mertsching, Bärbel Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/dip-II

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
- Im Übungsteil implementieren, testen und verwenden die Studierenden die vorgestellten Verfahren.

- *The theoretical and methodic fundamentals will be introduced during the lecture.*
- *During the subsequent exercise / lab part the participants will implement, test, and apply the presented methods.*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

Lecture notes, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- Mertsching, Bärbel: Digital Image Processing (lecture notes)
- Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice Hall, 2nd ed., 2011. ASIN: B006V372KG
- Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital ImageProcessing. Prentice Hall, 3rd ed., 2007. ISBN-13: 978-0131687288
- Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 7.Aufl., 2012. ISBN-13: 978-3642049514

2.5.1.7 Dynamic Programming and Stochastic Control

Dynamic Programming and Stochastic Control ***Dynamic Programming and Stochastic Control***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92042	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.27025 Dynamic Programming and Stochastic Control: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92042 Dynamic Programming and Stochastic Control: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

- Grundkenntnisse der Regelung zeitdiskreter Systeme, wie z. B. durch das Modul Regelungstechnik
- Einführungsmodul zu Wahrscheinlichkeitsrechnung und Zufallsprozessen, wie z. B. durch das Modul Stochastik für Ingenieure

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

- *Basic knowledge on control of discrete-time systems, e.g. as covered in the course Regelungstechnik A - Automatic Control*
- *An introductory course on probability and random processes, e.g. the course Stochastik für Ingenieure*

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Dynamische Programmierung ist eine Methode zur Lösung von Entscheidungsproblemen, welche sich aus verschiedenen Abschnitten zusammensetzen, wobei das eigentliche Problem in verschiedene, einfacher zu handhabende Unterprobleme aufgeteilt wird. Derartige Methoden weisen vielfache Anwendungsmöglichkeiten auf, wie z.B. in der Optimierung, Steuerung und Regelung, Nachrichtentechnik und Machine Learning.

Dieser Kurs wird sich mit der Modellierung und Lösung sequentieller Entscheidungsprobleme unter Unsicherheit beschäftigen. Betrachtet werden sowohl Probleme mit endlicher, als auch mit unendlicher Anzahl von Abschnitten, sowie Fälle mit perfekter wie imperfekter Beobachtung des Systems. Die zur Lösung dieser Probleme benötigten numerischen Verfahren werden im Kursverlauf vorgestellt, wie z. B. suboptimale Verfahren bei großem Zustands- oder Handlungsraum.

Dynamic programming is a method for solving decision making problems consisting of a number of stages, by breaking down the problem into simpler sub-problems. These methods have wide applicability in areas such as optimization, control, communications, and machine learning. This course will cover the modelling and solution of problems of sequential decision making under uncertainty.

We will consider problems with both a finite and an infinite number of stages, as well as cases with perfect and imperfect observations of the system. Numerical techniques for solving these problems will be described, including suboptimal methods for when the state and/or action spaces are large.

Inhalt / ***Contents***

Zu den im Verlauf des Kurses behandelten Themen gehören

- The dynamic programming principle and dynamic programming algorithm
- Problems with perfect state information
- Problems with imperfect state information
- Infinite horizon problems
- Suboptimal methods and approximate dynamic programming

Im Verlauf des Kurses werden Anwendungsbeispiele aus Themenbereichen der Steuerungs- und Regelungstechnik, Kommunikationstechnik, Signalverarbeitung und dem Machine Learning vorgestellt.

Topics to be covered in this course will include:

- *The dynamic programming principle and dynamic programming algorithm*
- *Problems with perfect state information*
- *Problems with imperfect state information*
- *Infinite horizon problems*
- *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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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://controlsystems.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.

2.5.1.9 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method

Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode *Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method*			
Modulnummer / *Module number* M.048.92036	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte / *Credits*** *6*	**Turnus / *Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / *Semester number* 1-3	**Dauer (in Sem.) / *Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache / *Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / *Module structure*

L.048.24018 Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92036 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / *Admission requirements*

Gute Kenntnisse der Maxwellgleichungen, ihrer Eigenschaften und Lösungen auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen". Mathematische Grundkenntnisse in Differentialgleichungen und Vektoranalysis.

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

Detailed knowledge of the Maxwell Equations, their properities 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 tot he sophisticated and powerful Discontinuous Galerkin method in time domain. With this numerical technique it is possible to describe spatiotermporal effects like electromagnetic field propagation and other physical models which can be described by partial differential equations.

Inhalt / *Contents*

Inhalt

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

Contents

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

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

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

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

After attending the course, the student will be able to

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

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

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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.

2.5.1.10 Optical Waveguide Theory

Optical Waveguide Theory ***Optical Waveguide Theory***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92038	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.24019 Optical Waveguide Theory: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.24019 Optical Waveguide Theory: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Grundlagen der Elektrodynamik (auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen"), Mathematische Grundlagen (Bachelor Niveau)

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

Bachelor-level knowledge in electrodynamics and mathematics as taught in the course Fields&Waves.

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Dielektrische optische Wellenleiter sind Schlüsselelemente heutiger integrierter optischer/photonischer Schaltkreise. Dieser Kurs bietet eine Einführung zur theoretischen Behandlung und eine Grundlage für weitergehende Modellierung, Simulation und Design von Wellenleitern.

Dielectric optical waveguides constitute key-elements of present-day integrated optical / photonic circuits. This course provides an introduction to their theoretical background, and, as such, a sound basis for further, more specific, modelling, simulation, and design work, as well as for experimental activities in the field.

Inhalt / ***Contents***

- Photonik, integrierte Optik, dielektrische Wellenleiter: Beispiele, Motivation.
- Kurze Wiederholung der benötigten mathematischen Hilfsmittel.
- Maxwellgleichung in verschiedenen Formulierungen, Klassen von Problemen.
- Normale Moden in dielektrischen optischen Wellenleitern, Orthogonalität, Vollständigkeit, Streumatrizen, reziproke Schaltkreise.
- Beispiele für dielektrische optische Wellenleiter (Mehrschichtsysteme, integriert-opitische Kanäle, Glasfasern), gebogene Wellenleiter, Whispering-Gallery Moden.
- Coupled mode theory in konventioneller kodirektionaler, und hybrid analytischer/numerischer Variante, Störungstheorie für optische Wellenleiter.
- Optional: Behandlung von Randbedingungen, Anfangsbedingungen (Strahlpropagations-Methode), Wellenleiter-Diskontinuitäten (BEP/QUEP Simulationen), Photonische-Kristall-Wellenleiter und -Fasern, plasmonische Wellenleiter.

- *Photonics / integrated optics, dielectric waveguides: introductory examples, motivation.*
- *Brush up on mathematical tools.*
- *Maxwell equations, survey of different formulations; classes of simulation tasks.*
- *Normal modes of dielectric optical waveguides, orthogonality, completeness, scattering matrices, reciprocal circuits.*

- *Examples for dielectric optical waveguides (multilayer slabs, integrated optical channels, fibers), bent waveguides, whispering gallery resonances.*
- *Coupled mode theory, conventional codirectional, and hybrid analytical / numerical variant, perturbations of optical waveguides.*
- *Optional, brief remarks on: boundary conditions, initial value problems (beam propagation method), waveguide discontinuities (BEP/QUEP simulations), photonic crystal waveguides & fibers, plasmonic waveguides.*

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

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

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

After attending the course, the student will be able to

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

- lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen (Elemente der Elektrotechnik, Physik und Mathematik werden angesprochen),
- 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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. *The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*
10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). *The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*
11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET *EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*
12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*
Hammer, Manfred, Dr.
13 Sonstige Hinweise / *Other notes*
Modulseite / *Module Homepage* http://ei.uni-paderborn.de/tet/ **Methodische Umsetzung / *Implementation*** Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert; Übungen und Hausaufgaben vertiefen und ergänzen die Theorie. *The theoretical concepts will be presented as a lecture. The methods presented will be practiced in exercises classes and by means of homework assignments.*

2.5.1.11 Optimal and Adaptive Filters

Optimale und Adaptive Filter ***Optimal and Adaptive Filters***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92011	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch / *German or English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.24010 Optimal and Adaptive Filters: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

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

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik und Digitale Signalverarbeitung.

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

Prior knowledge from the modules Higher Mathematics and Digital Signal Processing

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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

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

Inhalt / ***Contents***

- Klassische Parameterschätzung
  - Schätzung und Schätzer
  - MMSE-Schätzung
  - Lineare Schätzer
  - Orthogonalitätsprinzip
  - Bewertung der Güte von Schätzern
- Wiener Filterung
  - Wiener-Hopf Gleichung
  - AR- und MA-Prozesse
  - Lineare Prädiktion
- Iterative Optimierunsverfahren
  - Gradientenan/abstieg
  - Newton-Verfahren
- Lineare adaptive Filterung
  - LMS-Algorithmus

    - Least-Squares Methode
    - Blockweise und rekursive adaptive Filter
    - Realisierungsaspekte
- Zustandsmodellbasierte Filter
    - Kalman Filter
- Anwendungen
    - Systemidentifikation
    - Kanalschätzung und -entzerrung
    - Mehrkanalige Sprachsignalverarbeitung
    - Geräusch- und Interferenzunterdrückung

- *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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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.uni-paderborn.de/index.php?id=oaf&L=2

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit Tafeleinsatz und Präsentationen,
- Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Übungsblättern und Rechnern und
- Demonstrationen von Systemen in der Vorlesung

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

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte

Allocation of a script; information on textbooks; matlab scripts

2.5.1.12 Robotics

Robotik ***Robotics***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92012	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.23010 Robotik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92012 Robotics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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.

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.

Inhalt / ***Contents***

- Sensoren, Effektoren, Aktoren
- Homogene Koordination, allgemeine Transformationen, Denavit-Hartenberg Parameter
- Kinematik und Dynamik von Roboterarmen und mobilen Robotern

- *Sensors, effectors, actuators*
- *Homogenous coordinates, general transformations, Denavit-Hartenberg parameters*
- *Kinematics and dynamics of robot arms and mobile robots*

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

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

Die Studierenden

- können grundlegende Verfahren aus der Regelungstechnik und der Systemtheorie auf Roboter übertragen und
- beherrschen die Methoden zur Beschreibung sowie der Planung und Steuerung von Bewegungen von Roboterarmen und mobilen Robotern.

The students

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden können die Funktion und das Verhalten von Robotern und ihre Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld unter ethischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten erkennen und bewerten.

The students are able to identify and evaluate the function and behavior of robots and their integration into the social and economic environment while also considering ethical aspects.

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Mertsching, Bärbel Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://getwww.uni-paderborn.de/teaching/robotik

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Die theoretischen und methodischen Grundlagen werden zunächst im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
- Eine Einübung der präsentierten Methoden erfolgt danach im Übungsteil.
- Abschließend werden einfache Algorithmen von den TeilnehmerInnen implementiert, getestet und angewendet.
- Im Praktikumsteil werden die notwendigen Programmierkenntnisse vermittelt, er ist aber ausdrücklich nicht als Programmierkurs gedacht.

- *The theoretical and methodical fundamentals will be introduced during the lecture.*
- *The methods presented will be practiced during the subsequent exercise / lab part.*

- *Finally, the participants will implement, test, and apply simple algorithms.*
- *The necessary programming skills will be taught during the practical, this is explicitly not considered a programming course.*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

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

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

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

2.5.1.13 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning

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

1 Modulstruktur / ***Module structure***

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

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

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

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

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

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

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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

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

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

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

- *Model estimation in the presence of hidden variables, in order to reveal suspected latent structure buried in the data*
- *Bias-Variance dilemma and the tradeoff between degree of detail and generalizability of models*

- *Grafical models*
- *Sequential data and hidden Markov models*
- *Specific classification tasks, such as automatic speech recognition*

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

Inhalt / ***Contents***

- Grundlagen der statistischen Mustererkennung: Bayes'sche Regel, Lernen von Verteilungsdichten, lineare Modelle für Klassifikation und Regression, Kernelmethoden
- EM-Algorithmus für Maximum-Likelilhood 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 generalizabliliy*
- *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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Häb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://nt.uni-paderborn.de/en/teaching/topics-in-pattern-recognition-and-machine-learning/

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, vereinzelt Folien-Präsentation

- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Anleitung, wie aktuelle wissenschaftliche Veröffentlichungen zu analysieren sind und anschließend eigenständige Einarbeitung in Fachliteratur durch die Studierenden
- Präsentation von aktuellen Veröffentlichungen durch die Studierenden

- *Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, occasional presentations of (powerpoint) slides ,*
- *Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer*

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

Autonomous analysis of publications and presentation of results and gained insight

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

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

2.5.1.14 Topics in Signal Processing

Topics in Signal Processing ***Topics in Signal Processing***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92014	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.24017 Ausgewählte Kapitel der Signalverarbeitung: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.24017 Topics in Signal Processing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra

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

Signal and system theory, at least a basic understanding of probability and linear algebra

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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.

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.

Inhalt / ***Contents***

Zunächst werden in diesem Kurs relevante Aspekte aus der linearen Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie wiederholt. Danach werden Studenten angeleitet, aktuelle Veröffentlichungen aus der Signalverarbeitungsliteratur zu lesen, zu analysieren und dann auch zu präsentieren.

This course will first review relevant aspects of linear algebra and probability theory. Then students will learn how to read, analyze, and present recent papers from the signal processing literature.

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

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

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

6 Prüfungsleistung / ***Assessments***

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Klausur oder mündliche Prüfung 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 achievment*
Keine / *None*
8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*
Keine / *None*
9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. *The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*
10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). *The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*
11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*
EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET *EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET*
12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*
Schreier, Peter, Prof. Dr.
13 Sonstige Hinweise / *Other notes*
Modulseite / *Module Homepage* http://sst.upb.de **Methodische Umsetzung / *Implementation*** Vorlesung und Übung mit aktiver Beteiligung der Studenten, Präsentationen von Studenten *Lectures and tutorials with active student participation, student presentations* **Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*** Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben. *References will be given in the first lecture.*

2.5.1.15 Wireless Communications

Wireless Communications ***Wireless Communications***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92035	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.24004 Wireless Communication: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92035 Wireless Communication: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

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.

Elementary knowledge digital communications, as is taught in Bachelor studies of Electrical Engineering or related disciplines

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die VeranstaltungWireless Communicationsvermittelt 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 Funkkommunikationsysteme 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 frequenzse-

lektive 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: Einträgertechnik mit Entzerrung oder Sequenzdetektion, Bandspreizung mit Pseuodzufallsfolgen, 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 sequency 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 an decisions taken to realize reliable communication over time variant and frequency selective or nonselective fading channel*
- *Appreciate and categorize the techniques used in modern cellular communication systems to realize reliable communication*
- *Trade off the advantages and disadvantages of different transmission techniques with respect to bandwidth and power efficiency as well as number of users to be served*
- *Select and design an appropriate transmission technique for a wireless channel*
- *Simulate and analyze simple communication systems using modern software tools*

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

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

The students

- *Can transfer and apply the concept of linear vector spaces to signal processing tasks other than for wireless communications*
- *Can apply the skills about the generation of data, simulation of systems and analysis of experimental results using modern software tools, that have been acquired in this course, to other disciplines*
- *Can work cooperatively in a team and subdivide an overall task into manageable subtasks and work packages*

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Häb-Umbach, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*
http://nt.uni-paderborn.de

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, sowie Folien-Präsentation
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Praktische Übungen mit Matlab, in denen Studierende eigenständig zeitdiskrete Kanalmodelle realisieren, Überragungsverfahren simulieren, Testdaten auswerten und Ergebnisse präsentieren

- *Lectures predominantly using the blackboard or overhead projector, as well as presentations of (powerpoint) slides ,*
- *Exercise classes with exercise sheets and demonstrations on computer and Implementation of discrete-time channel models and building blocks of a wireless communication system using modern software tools; evaluation and presentation of the simulation results*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

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

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

- Häb-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

2.5.2 Module Group: Electronics and Devices

The module group contains a wide selection of modules from which the students can choose.

Module group	**Electronics and Devices**
Modules	• Advanced VLSI Design • Analog CMOS ICs • Controlled AC Drives • Energy Transition • Fast Integrated Circuits for Wireline Communications • High-Frequency Electronics • Integrated Circuits for Wireless Communications • Micro-Electromechanical Systems • Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method • Optical Communication A • Optical Communication B • Optical Communication C • Optical Communication D • Optical Waveguide Theory • Power Electronic Devices • Power Electronics • Processing of Semiconductors • Radio Frequency Power Amplifiers • Sensor Technology • Solar Electric Energy Systems • Switched Mode Power Supplies • VLSI Testing
Teaching objectives	The students select two modules according to their interests in the chosen specialization to acquire expertise in certain topics.

Table 11: Module group: Electronics and Devices

2.5.2.1 Advanced VLSI Design

Advanced VLSI Design ***Advanced VLSI Design***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92043	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.25021 Advanced VLSI Design: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92043 Advanced VLSI Design: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Grundlagen der Digitaltechnik / Grundlagen des VLSI-Entwurfs

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

Fundamentals of Digital Circuits / Fundamentals of VLSI Design

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse über die moderne anwendungsorientierte Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese digitaler Systeme auf verschieden Abstraktionsebenen bis hin zum Chip-Layout.

The course provides basic knowledge about the modern application-oriented modeling, simulation, analysis, and synthesis of digital systems at different abstraction levels to chip layout.

Inhalt / ***Contents***

Der Chipentwurf besteht in der heutigen Praxis aus der kombinierten Anwendung verschiedener Sprachen, Methoden und Werkzeuge zur Modellierung, Simulation und Synthese elektronischer Schaltungen. Entlang des modernen abstraktionsebenbasierten Entwurfsflusses digitaler Systeme (Elektronische System Ebene bis hin zum Chiplayout) vermittelt die Veranstaltung grundlegendes Wissen der wesentlichen Beschreibungssprachen und ihrer Anwendung in Modellierung, Simulation, Analyse und Synthese. Dies umfasst Grundprinzipien und Anwendung der IEEE Standard-System/Hardwarebeschreibungssprachen SystemVerilog, SystemC, Verilog und VHDL in Verbindung mit zusätzlichen Formaten wie z.B. SDF und UPF zur Annotation des Zeit- und Leistungsverhaltens. In der Anwendung werden die wesentlichen Prinzipien von Testumgebungen zur Simulation, der Zeit- und Leistungsanalyse, der Logiksynthese und des physikalischen Entwurfs digitaler Schaltungen. Die Übungen begleiten die Veranstaltung unter Verwendung kommerzieller Werkzeuge von Mentor Graphics, Synopsys und Cadence Design Systems.

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%

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Müller, Wolfgang, Dr.rer.nat.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/advanced-vlsi-design

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung mit Beamer und White-Board
- Übungen mit Übungsblättern am Computer

- *Lecture with LCD projector and white board*
- *Exercises with assignments and hands-on labs*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

- Vorlesungsfolien und Übungsblätter werden über PAUL zur Verfügung gestellt
- IEEE Standard-Referenzhandbücher: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497
- Einzelliteratur zu einzelnen Lehreinheiten

- *Lecture notes and exercise sheets will be provided via PAUL*
- *IEEE standard reference manuals: IEEE Std 1800/1685/1666/1364/1076/1801/1497*
- *Specific references for individual teaching units*

2.5.2.2 Analog CMOS ICs

Analoge CMOS-Schaltkreise ***Analog CMOS ICs***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92015	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.25008 Analoge CMOS-Schaltkreise: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92015 Analog CMOS ICs: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

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

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

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

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse zur analogen Transistorschaltungstechnik mit besonderem Bezug zur CMOS-Technologie.

The course provides basic knowledge on analogue circuit technology with particular regard to complementary MOS transistors.

Inhalt / ***Contents***

Auf der Grundlage der vereinfachten sowie der erweiterten Kennlinientheorie des MOS-Transistors werden analoge Verstärkerschaltungen vorgestellt und zunächst hinsichtlich des Gleichstromverhaltens analysiert. Anschließend werden das Frequenzverhalten, das Rauschen, die Wirkung von Rückkopplungen, die Stabilität, die Nichtlinearität sowie die Auswirkungen fertigungstechnisch bedingter Asymmetrien betrachtet. Als weitere Schaltungen werden Oszillatoren, Referenzspannungsquellen und geschaltete Kapazitäten diskutiert. Die Lehrveranstaltung schließt mit Betrachtungen zur Modellierung und zum Layout der grundlegenden Bauelemente.

Based on simplified as well as advanced current-voltage characteristics of MOS transistors, analogue amplifier circuits are introduced and analyzed with respect of its DC behavior. Next, frequency performance, noise, effects of feed-backs, stability, non-linearity, and impacts of fabrication related asymmetries are considered. Further circuits such as oscillators, reference voltage sources, and switched capacitors are discussed. The course concludes with remarks on modeling and layout issues of basic devices.

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

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

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

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

After attending the course, the students will be able to

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

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

The students

- *make use of methodic knowledge for systematic problem analysis,*
- *consolidate their basic knowledge by practical training,*
- *enhance their creative abilities,*
- *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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://groups.upb.de/hfe/lehre/acc.html

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,

- Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters erarbeiten.
- *Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies,*
- *Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher.*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Vorlesungsskript Universität Paderborn

A. Thiede, Analog CMOS Integrated Circuits, Lecture Script University Paderborn

- Razavi, B.: Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw Hill. 2001

2.5.2.3 Controlled AC Drives

Geregelte Drehstromantriebe ***Controlled AC Drives***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92016	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.27013 Geregelte Drehstromantriebe: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92016 Controlled AC Drives: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Die Teilnehmer sollten einen Bachelor-Kurs zu den Grundlagen elektrischer Antriebe bereits absolviert haben.

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

It is strongly recommended that the students should have already finished a Bachelor course on the basics of electrical drives

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Lehrveranstaltung führt ein in das Prinzip der flussorientierten Regelung von Drehstrommotoren, welches mittlerweile den Stand der Technik in der industriellen elektrischen Antriebstechnik darstellt. Im Gegensatz zur Veranstaltung aus dem Bachelorprogramm werden hier das dynamische Verhalten und die Regelungsstrukturen vertieft. Als wichtigste Beispiele werden der permanent erregte Synchronmotor und der Asynchronmotor behandelt.

The course introduces the principle of flux-oriented control of three-phase AC motors, which is today's standard of electrical drives in industry. Unlike the course of the bachelor's program focus is put on the dynamics behavior and on the control structures. As most important examples, the permanent magnet synchronous motor and the induction motor are treated.

Inhalt / ***Contents***

- Drehstrommaschinen: Synchronmotor und Asynchronmotor (Aufbau, Wirkungsweisen, Modellierung, Ersatzschaltbilder, Kennlinien, Arbeitsbereiche)
- Drehmoment und Drehzahl-Steuerung
- Raumzeigertheorie (Grundwellenfelder, Koordinatentransformationen)
- Prinzipien der flussorientierten Regelung
- Strom-, Drehmoment- und Drehzahl-Regelung, Entwurfsmethoden, Direct Torque Control (DTC), Beobachter
- Anwendungen aus Industrie, Straßen- und Schienenfahrzeugen

- *AC drives: Synchronous and induction motor (structure, basic physical effects, modeling, equivalent circuit diagrams, characteristic curves, operation areas)*
- *Speed and torque control*
- *Space vector theory (fundamental wave, coordinate transformation)*
- *Principles of flux-oriented control*
- *Closed-loop control of current, torque and speed, design methods*

- *Direct Torque Control (DTC)*
- *Observers*
- *Applications in industry, road and rail vehicles*

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

- Die Studenten verstehen der wichtigsten Arten von Drehstromantrieben und ihre Eigenschaften und sind in der Lage, selbständig solche Antriebe auszuwählen und zu entwerfen.

- *The students will understand the most important types of AC drives, their properties and should be able to select and to design such drives by themselves.*

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studenten lernen

- die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen
- erweitern ihre Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen
- erwerben eine fachbezogene Fremdsprachenkompetenz.

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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Böcker, Joachim, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

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

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Teile der Veranstaltung werden als Rechnerübung durchgeführt.

Parts of the course are organized as computer-based exercises.

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

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

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

2.5.2.4 Energy Transition

Energy Transition ***Energy Transition***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92034	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.22014 Energy Transition: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)
L.048.22014 Energy Transition: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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 cencepts: types, performance, costs
7. New concepts to minimize costs: decentralized, autonomous and semi-autonomous systems, swarm concepts, demand side mangement
8. Geographical differences: Local resources, potentials, load structures
9. Legislative issues: access to grid & electricity spot-market
10.-12. Excursions to integrated project examples (Höxter, Bremerhafen, Kassel, Herne)

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

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

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

sind in der Lage die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,

können methodenorientiertes Vorgehen bei der Implementierung einer nachhaltigen Energieversorgung einsetzen,

sind in der Lage, sich in der Zukunft selbst weiterzubilden.

The students

are enabled to apply the knowledge and skills across disciplines

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

are enabled to educate themselves in the future

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing. habil.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://www.nek.upb.de/lehre

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen & Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen
Lecture combined with practical examples & simulations; Excursion to see applications in practice.

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.
Michel Crappe: Electric Power Systems. John Wiley & Sons, 2008.
Magdi S. Mahmoud: Decentralized Systems with Design Constraints. Springer: Berlin Heidelberg, New York, 2011.
Hermann Scheer, The Energy Imperative, 100 Percent Renewable Now. Routledge, 2011.
Hermann Scheer: Energy Autonomy. Earthscan/James & James, 2006.
Geert Verbong, Derk Loorbach: Governing the Energy Transition - Reality, Illusion or Necessity?, Routledge, 2012

Bemerkungen / *Comments*

Exkursion
Excursion

2.5.2.5 Fast Integrated Circuits for Wireline Communications

Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation *Fast Integrated Circuits for Wireline Communications*			
Modulnummer / *Module number* M.048.90704	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte / *Credits*** *6*	**Turnus / *Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / *Semester number* 1-3	**Dauer (in Sem.) / *Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache / *Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / *Module structure*

L.048.25019 Schnelle integrierte Schaltungen für die leitungsgebundene Kommunikation: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.90704 Fast Integrated Circuits for Wireline Communications: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / *Admission requirements*

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 rsp. data rates requires a good system knowledge with respect to typical transmitter and receiver architectures, components, and signal properties. Fur-

thermore 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 Taktrückgwinnung
- 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" rsp. "Circuit and System Design".

The lecture deals with:

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

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

Der Student wird in der Lage sein:

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

The student will be able to:

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

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

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET
EMA, WGMAET, CEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Scheytt, Christoph, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/fast-integrated-circuits-for-wireline-communications/

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Vorlesung mit Übungen (einschließlich rechnerunterstütztem Entwurf mit IC-Entwurfssoftware)
Lecture with Exercises (including computer-aided design using electronic design software)

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Handouts und Literatur-Referenzen werden in der Vorlesung angegeben.
Handouts and literature references will be given in the lecture.

Bemerkungen / *Comments*

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).
As part of the lecture a 2-day excursion to IHP Leibnizinstitute for High-Performance Microelectronics in Frankfurt (Oder) is offered which includes the visit of a modern chip fabrication facility (participation in the excursion is voluntary).

2.5.2.6 High-Frequency Electronics

Hochfrequenzelektronik ***High-Frequency Electronics***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92017	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.26001 Hochfrequenzelektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92017 High-Frequency Electronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Halbleiterbauelemente, Signaltheorie, Systemtheorie und Einführung in die Hochfrequenztechnik.

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

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

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Lehrveranstaltung Hochfrequenzelektronik vermittelt für den Entwurf von integrierten Hochfrequenzschaltkreisen erforderliche Kenntnisse aus den Gebieten Bauelementephysik, Halbleitertechnologie, Hochfrequenzschaltungstechnik und Aufbautechnik. Neben der Vermittlung von neuem Spezialwissen integriert sie zuvor in einer Vielzahl von Veranstaltungen erworbenes Wissen und bereitet somit unmittelbar auf eine berufliche Tätigkeit in diesem Bereich vor.

The course High-Frequency Electronics provides necessary knowledge for the design of integrated high-frequency circuits ranging from device physics, semiconductor technology, high-frequency engineering, and packaging technology. Besides conveying new specialized knowledge, skills developed by various other courses are integrated, and thus students are directly prepared for a professional life in the field.

Inhalt / ***Contents***

Ausgehend von den physikalisch begründeten Eigenschaften verschiedener Halbleitermaterialsysteme werden Kenntnisse zur Funktion, Modellierung und Fertigung spezieller Hochfrequenztransistoren vermittelt. Anschließend werden für alle beim Entwurf eines Hochfrequenzverstärkers notwendigen Schritte die jeweils theoretischen Konzepte sowie das praktische Vorgehen erläutert. Danach werden als weitere Schaltungen Breitbandverstärker, Oszillatoren und Mischer sowie digitale Grundschaltungen dargestellt. Als derzeit besonders interessante Anwendungen werden optoelektronische Datenübertragungssysteme, Mixed-Signal Systeme wie ADC, DAC, digitale Syntheziser und PLL's, sowie Millimeterwellentransceiver besprochen. Die Veranstaltung schließt mit einem Überblick der im Hochfrequenzbereich eingesetzten Aufbau- und Verbindungstechniken.

Starting from physically founded properties of different semiconductor systems, knowledge about the function, modeling, and fabrication of special high-frequency transistors is conveyed. Subsequently, all

necessary steps of a high-frequency amplifier design are explained with respect to theoretical concepts and practical implementation. After that, further circuits such as broad-band amplifiers, oscillators, mixers and digital gates are presented. As currently most interesting applications, optoelectronic data transmission systems, mixed-signal systems such as ADC, DAC, digital synthesizers and PLL's, as well as millimeter wave transceivers are discussed. The course closes with an overview of high-frequency assembling and packaging technologies.

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

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

- die für eine konkrete Aufgabenstellung optimale Halbleitertechnologie auszuwählen,
- den Entwurf eines integrierten Hochfrequenzschaltkreises auszuführen
- und die gefertigten Komponenten zu charakterisieren.

After attending the course, the students will be able to

- *select the most suitable semiconductor technology for a given problem,*
- *run the complete design process of a high-frequency integrated circuit,*
- *and to characterize fabricated samples.*

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

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

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://groups.upb.de/hfe/lehre/hfe.html

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,
- Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters, teilweise unter Einsatz von CAD-Software erarbeiten.

- *Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies,*
- *Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher, and partially using CAD software.*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

A. Thiede, High-Frequency Electronics, Vorlesungsskript Universität Paderborn

A. Thiede, High-Frequency Electronics, Lecture Script University Paderborn

Auf weiterführende und vertiefende Literatur wird in den jeweiligen Abschnitten des Vorlesungsskriptes verwiesen.

References to continuative and deepening literature can be found in the respective sections of the script.

2.5.2.7 Integrated Circuits for Wireless Communications

Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation ***Integrated Circuits for Wireless Communications***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92028	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch und Englisch / *German and English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.25017 Integrierte Schaltungen für die drahtlose Kommunikation: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92028 Integrated Circuits for Wireless Communications: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Vorlesung Schaltungstechnik bzw. Circuit and System Design

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

Lecture Schaltungstechnik rsp. Circuit and System Design

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Mobilkommunikation, drahtlose Netzwerke und die RFID-Technik sind beispielhafte Anwendungen der Funkkommunikation, die Eingang in den Alltag gefunden haben und auch in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden.

Der Entwurf von elektronischen Schaltungen für hohe Frequenzen erfordert ein gutes Systemverständnis im Hinblick auf die typischen Sende-/Empfangsarchitekturen für die Funkkommunikation, deren Komponenten und Signaleigenschaften. Überdies ist ein gutes Verständnis des Schaltungsentwurfs integrierter Schaltungen und eine genaue 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-Entwurfssoftware durchgeführt.

Mobile communications, wireless networks, and RFID technology are application examples of wireless communications. Wireless communications has found widespread use in everyday life and will become even more important in the future.

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

Goal of the lecture is to convey a methodical approach to the design of integrated circuits for wireless communications. A part of the exercises will pertain to calculation of circuit design problems another will be performed in small teams as a hands-on exercise using modern IC design software.

Inhalt / ***Contents***

Die Vorlesung vermittelt den methodischen Entwurf von integrierten Schaltungen für die drahtlose Kommunikaation. 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" rsp. "Circuit and System Design".

The following topics will be addressed:

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

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Die Studierenden sind nach Besuch der Vorlesung in der Lage,

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

The students will be able

- *to describe architectures and circuits of wireless communication systems*

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

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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Scheytt, J. Christoph, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

https://www.hni.uni-paderborn.de/en/system-and-circuit-technology/teaching/integrierte-schaltungen-fuer-die-drahtlose-kommunikation/

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung mit Powerpoint-Präsentation und handschriftlichen Herleitungen auf Tablet und Beamer
- Übung zum Teil als handschriftliche Rechenübung mit Tablet und Beamer, zum Teil als Praxisübung mit IC-Entwurf mittels moderner Chip-Entwurfssoftware

- *Lecture with Powerpoint presentation and handwritten mathematical derivations using tablet and beamer*
- *Exercises partly as handwritten calculation exercises using tablet and beamer and partly as practical IC design exercises using modern IC design software*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Folien zur Vorlesungen und Übung werden über PAUL zur Verfügung gestellt.
Lecture and exercise slides will be made available through PAUL system.

- Behzad Razavi “RF Microelectronics”, Prentice Hall, 2011
- Thomas Lee “The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits”, Cambridge Univer-

sity Press 2003

Bemerkungen / *Comments*

2.5.2.8 Micro-Electromechanical Systems

Micro-Electromechanical Systems			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92018	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.92018 Micro-Electromechanical Systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / WP / 50)
L.048.92018 Micro-Electromechanical Systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

A basic knowledge of semiconductor technology is necessary.
Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Vorlesung Micro-Electromechanical Systems besteht aus einem technologieorientierten und einem sensorbasierten Teil zur Beschreibung der Integration und des Betriebs von modernen Mikrosystemen auf der Grundlage von Silizium. Es umfasst die Basisprozesse wie Nass- und Trockenätzen, physikalische Prinzipien von Sensoreffekten, sowie allgemeinen Grundlagen von Sensorsystemen und ihrer Konfektionierung.

The lecture Micro-Electromechanical Systems consists of a technology oriented and a sensor based part to describe the integration and operation of modern microsystems based on silicon. It includes basic processes like wet and dry etching, physical principles for sensor effects, and common setups for sensor systems and packages.

Inhalt / ***Contents***

Processes
- *Integration processes for 3D-microstructures*
- *Wafer bonding*
- *Lithography Galvanic*
- *Bulk micro machining*
- *Surface micro mechanics*

Sensor Devices
- *Acceleration sensors*
- *Pressure sensor devices*
- *Rotation rate sensors*
- *Special sensors*

Actuators
- *Principles of micro actuators*
- *Examples for integrated actuators*
- *Micro motors*
- *Ink jets*
- *Digital mirror arrays for image projection*

Packaging
- *Substrates and carriers*

• *Wire bonding*
• *Tape automated bonding*
• *Flip chip*
• *Chip size packages*

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

The students are able to describe the operational principle of microsystems and micro electromechanical systems. They can explain the transfer characteristics of the sensor devices and they are able to choose the right sensor for a given application.

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://sensorik.uni-paderborn.de

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Projector presentation accompanied by board sketches and short films about the sensor function.

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Skript in deutscher Sprache

Buch Mikrosystemtechnik vom Dozenten

• M. Köhler: Etching in Microsystem Technology, Wiley-VCH, 1999

• W. Elwenspoek, R. Wiegerink: Mechanical Microsensors, Springer, 2000
• T.-R. Hsu: MEMS Packaging, INSPEC, 2004

U. Hilleringmann: Mikrosystemtechnik, Teubner, 2006

Bemerkungen / *Comments*

Wird im Bachelor angeboten, um ein größeres Spektrum an Wahlvorlesungen zu bieten. Es sind nur geringe Vorkenntnisse für diese Veranstaltung erforderlich.

2.5.2.9 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method

Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode *Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method*			
Modulnummer / *Module number* M.048.92036	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte / *Credits*** *6*	**Turnus / *Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / *Semester number* 1-3	**Dauer (in Sem.) / *Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache / *Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / *Module structure*

L.048.24018 Numerische Simulation mit der Discontinuous Galerkin Time Domain Methode: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92036 Numerical Simulations with the Discontinuous Galerkin Time Domain Method: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / *Admission requirements*

Gute Kenntnisse der Maxwellgleichungen, ihrer Eigenschaften und Lösungen auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen". Mathematische Grundkenntnisse in Differentialgleichungen und Vektoranalysis.

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

Detailed knowledge of the Maxwell Equations, their properities 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 tot he sophisticated and powerful Discontinuous Galerkin method in time domain. With this numerical technique it is possible to describe spatiotermporal effects like electromagnetic field propagation and other physical models which can be described by partial differential equations.

Inhalt / *Contents*

Inhalt

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

Contents

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

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

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

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

After attending the course, the student will be able to

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

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

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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.

2.5.2.10 Optical Communication A

Optische Nachrichtentechnik A ***Optical Communication A***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92019	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch / *German or English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.26003 Optische Nachrichtentechnik A: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.26003 Optical Communication A: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik A vermittelt Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Optischen Nachrichtentechnik und der hierbei verwendeten optischen Komponenten.

The lecture Optical Communication A gives basic knowledge in Optical Communication and the components used in this field.

Inhalt / ***Contents***

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.

Fundamentals (4 SWS, 6 ECTS credit points): Maxwell's equations, wave propagation, polarization, dielectric slab and cylindrical waveguides, dispersion, laser, photodiodes, optical amplifiers, modulation, signal formats, optical receivers, noise, regenerators, wavelength division multiplex. Here the most important knowledge is taught.

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

Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang

- die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und
- Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden.

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

Die Studierenden

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

Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to

- *describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and*
- *apply knowledge of optoelectronics*

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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 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, (um-

fassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

2.5.2.11 Optical Communication B

Optische Nachrichtentechnik B ***Optical Communication B***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92020	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch / *German or English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.26004 Optische Nachrichtentechnik B: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92020 Optical Communication B: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Vorlesung Optische Nachrichtentechnik B vermittelt Kenntnisse auf dem Gebiet der Modenkopplung in der Optischen Nachrichtentechnik und erklärt damit die Funktion vieler optischer Komponenten.

The lecture Optical Communication B gives some knowledge about mode coupling in Optical Communication and explains the function of many optical components.

Inhalt / ***Contents***

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.

Mode Coupling (4 SWS, 6 ECTS credit points): Polarization mode dispersion, moden orthogonality, constant and periodic, co- and counterdirectional mode coupling, profiles of differential group delay, electrooptic effect. The function of many passive and active optical elements is thereby explained, among others amplitude and phase modulators, broadband and wavelength-selective couplers, Bragg gratings, polarization-maintaining fibers, polarization transformers, equalizers for polarization mode dispersion and chromatic dispersion.

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

Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang

- die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und
- Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden.

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

Die Studierenden

- können die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,

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

Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to

- *describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and*
- *apply knowledge of optoelectronics*

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Noé, Reinhold, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://ont.upb.de

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nach-

schlagewerk) 2002

- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

2.5.2.12 Optical Communication C

Optische Nachrichtentechnik C ***Optical Communication C***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92021	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch / *German or English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.26005 Optische Nachrichtentechnik C : 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92021 Optical Communication C: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Vorlesung und Übung Optische Nachrichtentechnik C vermittelt Kenntnisse über verschiedene optische Modulations- und Demodulationsverfahren.

The lecture Optical Communication C gives knowledge in various optical modulation and demodulation techniques.

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 Polarisationregelung 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%

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Skripte, Übungsblätter und weiterführende Literatur (Auszug):

Scripts, exercise sheets and advanced literature (excerpt):

- Noe, Essentials of Modern Optical Fiber Communication, Springer, 2. Auflage / 2nd Edition, 2016, ISBN 978-3-662-49621-3, ISBN ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschla-

gewerk) 2002

- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik
- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

2.5.2.13 Optical Communication D

Optische Nachrichtentechnik D ***Optical Communication D***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92022	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch / *German or English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.26006 Optische Nachrichtentechnik D: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92022 Optical Communication D: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

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, polarization scrambling, ... Nonlinear distortions are important in practice and difficult to handle. The students should also prepare topics of their choice and present them to the others.

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

Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, im behandelten Umfang

- die Funktionsweise von Komponenten, Phänomenen und Systemen der Optischen Nachrichtentechnik zu verstehen, modellieren und anzuwenden und
- Kenntnisse der Optoelektronik anzuwenden.

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

Die Studierenden

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

bilden

Fachliche Kompetenzen / Professional Competence

After attending the course, the students will be able, in the taught subjects, to

- *describe, model and apply the function of components, systems and effects of optical communications and*
- *apply knowledge of optoelectronics*

Fachübergreifende Kompetenzen / (Soft) Skills

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, 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 ISBN 978-3-662-49623-7
- Petermann/Voges, Optische Kommunikationstechnik, Springer-Verlag (modernes Nachschlagewerk) 2002
- D. As, Univ. Paderborn, Vorlesung Optoelektronik

- W. Sohler, Univ. Paderborn, Vorlesung Integrierte Optik
- G. Grau, W. Freude, Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1991, (umfassend, viele Zwischenschritte fehlen)
- K.J. Ebeling, Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992
- H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teile I und II, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1984 und 1985, (Schwerpunkt optische Wellenleiter)
- Yariv, Optical Electronics, Holt, 1984 (und weitere Werke, sehr physikalisch, kaum Nachrichtentechnik)
- R. Th. Kersten, Einführung in die Optische Nachrichtentechnik, Springer-Verlag

2.5.2.14 Optical Waveguide Theory

Optical Waveguide Theory ***Optical Waveguide Theory***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92038	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.24019 Optical Waveguide Theory: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.24019 Optical Waveguide Theory: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Grundlagen der Elektrodynamik (auf Niveau des Kurses "Elektromagnetische Wellen"), Mathematische Grundlagen (Bachelor Niveau)

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

Bachelor-level knowledge in electrodynamics and mathematics as taught in the course Fields&Waves.

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Dielektrische optische Wellenleiter sind Schlüsselelemente heutiger integrierter optischer/photonischer Schaltkreise. Dieser Kurs bietet eine Einführung zur theoretischen Behandlung und eine Grundlage für weitergehende Modellierung, Simulation und Design von Wellenleitern.

Dielectric optical waveguides constitute key-elements of present-day integrated optical / photonic circuits. This course provides an introduction to their theoretical background, and, as such, a sound basis for further, more specific, modelling, simulation, and design work, as well as for experimental activities in the field.

Inhalt / ***Contents***

- Photonik, integrierte Optik, dielektrische Wellenleiter: Beispiele, Motivation.
- Kurze Wiederholung der benötigten mathematischen Hilfsmittel.
- Maxwellgleichung in verschiedenen Formulierungen, Klassen von Problemen.
- Normale Moden in dielektrischen optischen Wellenleitern, Orthogonalität, Vollständigkeit, Streumatrizen, reziproke Schaltkreise.
- Beispiele für dielektrische optische Wellenleiter (Mehrschichtsysteme, integriert-opitische Kanäle, Glasfasern), gebogene Wellenleiter, Whispering-Gallery Moden.
- Coupled mode theory in konventioneller kodirektionaler, und hybrid analytischer/numerischer Variante, Störungstheorie für optische Wellenleiter.
- Optional: Behandlung von Randbedingungen, Anfangsbedingungen (Strahlpropagations-Methode), Wellenleiter-Diskontinuitäten (BEP/QUEP Simulationen), Photonische-Kristall-Wellenleiter und -Fasern, plasmonische Wellenleiter.

- *Photonics / integrated optics, dielectric waveguides: introductory examples, motivation.*
- *Brush up on mathematical tools.*
- *Maxwell equations, survey of different formulations; classes of simulation tasks.*
- *Normal modes of dielectric optical waveguides, orthogonality, completeness, scattering matrices, reciprocal circuits.*

- *Examples for dielectric optical waveguides (multilayer slabs, integrated optical channels, fibers), bent waveguides, whispering gallery resonances.*
- *Coupled mode theory, conventional codirectional, and hybrid analytical / numerical variant, perturbations of optical waveguides.*
- *Optional, brief remarks on: boundary conditions, initial value problems (beam propagation method), waveguide discontinuities (BEP/QUEP simulations), photonic crystal waveguides & fibers, plasmonic waveguides.*

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

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

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

After attending the course, the student will be able to

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

- lernen, die erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen (Elemente der Elektrotechnik, Physik und Mathematik werden angesprochen),
- 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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. *The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*
10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). *The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*
11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET *EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*
12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*
Hammer, Manfred, Dr.
13 Sonstige Hinweise / *Other notes*
Modulseite / *Module Homepage* http://ei.uni-paderborn.de/tet/ **Methodische Umsetzung / *Implementation*** Die theoretischen Konzepte werden in der Form einer Vorlesung präsentiert; Übungen und Hausaufgaben vertiefen und ergänzen die Theorie. *The theoretical concepts will be presented as a lecture. The methods presented will be practiced in exercises classes and by means of homework assignments.*

2.5.2.15 Power Electronic Devices

Bauelemente der Leistungselektronik ***Power Electronic Devices***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92032	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.22003 Bauelemente der Leistungselektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92032 Power Electronic Devices: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert.

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

Knowledge from lecture Power Electronics is desirable.

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Vorlesung behandelt Leistungshalbleiterbauelemente, ihre Beschaltung und Ansteuerung sowie Kühlung. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Auslegung magnetischer Bauteile und schnelle Strommessverfahren.

The course covers power electronic devices, snubber circuits, driving and cooling. Another topic is the design of magnetic components and fast current sensors.

Inhalt / ***Contents***

- Leistungshalbleiter-Bauelemente: Dioden, BJT, GTO, MOSFET, IGBT
- Beschaltung, Ansteuerung und Schutz von Halbleiterventilen und Bauelementen; Kühleinrichtungsauslegung
- Magnetwerkstoffe, Kernverlust-Messschaltungen, Wicklungsarten
- Konzept der magnetischen Integration
- Elektromechanisch-thermischer Entwurf ungekoppelter, linearer-gekoppelter, nichtlinearer Spulen und Schaltnetzteiltransformatoren und ihre Modellbildung
- Kondensatoren in der Leistungselektronik
- Filterentwurf
- Dynamische Strommessverfahren

- *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%

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Fröhleke, Norbert, AD, Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://wwwlea.upb.de

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung
- Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum)

- *lecture*
- *exercise*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

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

Lecture slides and notes, further literatur will be announced in lecture.

2.5.2.16 Power Electronics

Leistungselektronik ***Power Electronics***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92023	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.22006 Leistungselektronik: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92023 Power Electronics: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Die Aufgabe der Leistungselektronik ist die Umformung zwischen verschiedenen elektrischen Energieformen mit Hilfe elektronischer Schaltungen. Die Vorlesung führt in die Prinzipien der modernen Leistungselektronik und ihrer Aufgabenstellungen ein. Die wesentlichen Grundschaltungen werden erörtert und analysiert und typische Anwendungen aus Industrie, Energiewirtschaft und Verkehrstechnik erläutert.

The task of power electronics is the conversion between various kinds of electrical energy by means of electronic circuits. The lecture introduces the modern power electronic principles and their tasks. The basic power electronic circuits are introduced and analyzed. Typical application examples from the fields of industry, energy and transportation are discussed.

Inhalt / ***Contents***

- Idealisierung leistungselektronischer Schaltungen als schaltende Netzwerke
- Grundschaltungen selbstgeführter Stromrichter: Tiefsetzsteller, Hochsetzsteller
- Grundschaltungen fremdgeführter Stromrichter
- Kommutierung, Entlastungsschaltungen
- Mittelwertmodellierung
- Pulsweitenmodulation, Strom- und Spannungsschwankungen, Oberschwingungen
- Thermische Modellierung und Auslegung
- Beispielanwendungen aus den Bereichen Bahn, Straßenfahrzeuge, Industrie und Energieerzeugung und -verteilung

- *Modeling power electronic circuits as idealized switching networks*
- *Basic circuits of self-commutated converters: Buck and boost converters*
- *Basic circuits of line- and load-commutated converters*
- *Commutation, snubber circuits*
- *State-Space averaging*
- *Pulse width modulation, current and voltage ripples, harmonics*
- *Application examples from railway, automotive, industry, and energy generation and distribution*

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

Fachkompetenz / *Domain competence*:

- Verständnis moderner Prinzipien elektrischer Energieumformung
- Kompetenz zur Beurteilung, Auswahl und Auslegung leistungselektronischer Schaltungen

- *Understanding the modern principles of electrical energy conversion*
- *Competence to evaluate, select and design power electronic circuits*

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studenten

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

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

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 Design, John Wiley & Sons, Inc., 2. Edition, 2001
- R. Erickson, D. Maksimovic: Fundamentals of Power Electronics, Kluver Academic Publishers, 2. Edition, 2001

2.5.2.17 Processing of Semiconductors

Processing of Semiconductors			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92024	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.92024 Processing of Semiconductors: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92024 Processing of Semiconductors: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Keine / *None*

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Ausgehend vom Siliziumkristall werden die einzelnen Prozessschritte zur Herstellung von integrierten Schaltungen vorgestellt. Dazu gehören thermische Oxidationsverfahren, fotolithografische Prozesse, Ätztechniken, Dotierverfahren, Beschichtungen, Metallisierungen und Reinigungsvorgänge. Aus diesen Prozessschritten entsteht ein Ablaufplan zur Integration von MOS-Transistoren bzw. CMOS-Schaltungen, die im Rahmen der Übungen selbst charakterisiert werden können. Die Vereinzelung der Chips, das Bonden sowie die Kapselung (packaging) der mikroelektronischen Schaltungen runden den Inhalt der Vorlesung ab.

The lecture Processing of Semiconductors describes the technical steps to build integrated circuits on silicon wafers. Physical models of the process steps will be given and the technical equipment will be explained. The students are able to explain the integration process for integrated circuits in detail.

Inhalt / ***Contents***

Oxidationsverfahren

Lithografieverfahren

Dotiertechniken

CVD-Verfahren

MOS-Prozesse

- *Oxidation of Silicon*
- *Optical Lithography and Electron Beam Lithography*
- *Diffusion of Dopants*
- *Ion Implantation*
- *Epitaxy*
- *Chemical Vapour Deposition*
- *Physical Deposition Techniques*
- *MOS Processes*
- *CMOS Technology*
- *Packaging (in short)*

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

Fachkompetenz / *Domain competence*:

Die Studierenden können die Geräte und Prozesse der Halbleitertechnologie erläutern und dieses Wissen zur Herstellung komplexer integrierter Schaltungen anwenden.

The students are able to explain the equipment and the processes ot the semiconductor technology. They are able to apply this knowledge for the integration of complex integrated circuits.

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Systematische Problemlösungen, Erkennen von Quereinflüssen

Systematic of solving problems, detection of spreading influences

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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://sensorik.uni-paderborn.de

Methodische Umsetzung / *Implementation*

Beamer-Präsentation, unterstützt durch Tafelanschrieb und kurze Videopräsentationen.

Beamer presentation accompanied by board sketches and short films about the technical equipment.

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

- S. M. Sze: VLSI technology

2.5.2.18 Radio Frequency Power Amplifiers

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

1 Modulstruktur / ***Module structure***

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

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

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

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

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

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

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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

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

Inhalt / ***Contents***

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

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

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

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

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

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

After attending the course, the students will be able to

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

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

The students

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

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

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

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

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Thiede, Andreas, Prof. Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://groups.uni-paderborn.de/hfe/lehre/acc.html

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesungen mit überwiegendem Tafeleinsatz, unterstützt durch Animationen und Folien,
- Präsenzübungen mit Aufgabenblättern, deren Lösungen die Studierenden in der Übung gemeinsam und mit Unterstützung des Übungsleiters, teilweise unter Einsatz von CAD-Software erarbeiten.

- *Lectures with black board presentation, supported by animated graphics and transparencies*
- *Presence exercises with task sheets to be solved by the students together, supported by the teacher, and partially using CAD software.*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

A. Thiede, RF Power Amplifiers, Vorlesungsskript Universität Paderborn

A. Thiede, RF Power Amplifiers, Lecture Script University Paderborn

Steve C. Cripps, RF Power Amplifiers for Wireless Communications, Artech House, 1999

Stephen A. Maas, Nonlinear Microwave and RF Circuits, Artech House, 1997

2.5.2.19 Sensor Technology

Sensor Technology			
Modulnummer / *Module number* M.048.92026	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte / *Credits*** *6*	**Turnus / *Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / *Semester number* 1-3	**Dauer (in Sem.) / *Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache / *Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / *Module structure*

L.048.92026 Sensor Technology: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)
L.048.92026 Sensor Technology: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / *Admission requirements*

Keine / *None*

4 Inhalte / *Contents*

Kurzbeschreibung / *Short Description*

Typische Sensoren für industrielle Anwendungen werden vorgestellt und hinsichtlich ihres Betriebsbereiches, der Einsatzbedingungen und der Empfindlichkeiten charakterisiert. Wichtige Sensoren für Temperatur, Strahlung, Kraft, Magnetfelder, Feuchte und Gase werden vorgestellt.

The lecture Sensor Technology describes the physical behaviour of typical sensors and their applications in industry. Ranges and limitations of the sensors are presented. The lecture includes thermal sensors, force and magnetic sensors, gas and humidity sensitive devices

Inhalt / *Contents*

Temperatursensoren:

- Metall-Widerstandssensoren
- NTC
- PTC
- Sperrschicht-Temperatursensor
- Ausbreitungswiderstandssensor
- Thermoelektrischer Sensor

Optical Sensors:

- Fotowiderstände und Fotodioden
- Fototransistoren
- CCD
- Thermosäulen

Magnet Field Sensors:

- Hall Sensor
- Gauss Sensor
- Ferromagnetische Resistive Sensoren
- Split Drain Transistor
- Magneto Diode
- Flux-Gate-Sensor

Acceleration Based Sensors:

- Kraft
- Beschleunigung
- Drehrate

Gas Sensoren:

- Metal-Oxide Gasensor
- Katalythischer Sensor
- Oberflächenwellensensor

Temperature Sensors:

- *Metal Resistors*
- *NTC*
- *PTC*
- *Junction Sensor*
- *Spreading Resistance Temperature Sensor*
- *Thermoelectric Sensors*

Optical Sensors:

- *Resistances and Diodes*
- *Photo Transistors*
- *CCD*
- *Thermal Column*

Magnet Field Sensors:

- *Hall Sensor*
- *Gauss Sensor Plate*
- *Ferromagnetic Resistive Sensors*
- *Split Drain Transistor*
- *Magneto Diode*
- *Flux-Gate-Sensor*

Acceleration Based Sensors:

- *Force*
- *Acceleration*
- *Rotation Rate Sensors*

Gas Sensors:

- *Metal-Oxide Sensors*
- *Catalytic Sensors*
- *SAW Sensors*

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

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

Die Studierenden sind in der Lage, die Prinzipien des Betriebs von verschiedenen Sensorsystemen zu beschreiben und können einen geeigneten Sensor für eine gegebene Anwendung auswählen. Sie können den Aufbau oder die Herstellungsprozesse von Sensoren erklären. Sie können die Empfindlichkeit verschiedener Sensoren notieren.

The students are able to describe the operation principle of different kinds of sensor devices and can choose a suitable sensor for a given application. They can explain the setup or manufacturing processes for the sensor devices. They can write down the sensitivity of different kind of sensors.

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

The students learn:

- to transfer the knowledge of sensor devices to other applications

- to work in groups to solve problems *- thinking in systems, not on device level*
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 achievment*
Keine / *None*
8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*
Keine / *None*
9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. *The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*
10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1). *The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*
11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*
12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*
Hilleringmann, Ulrich, Prof. Dr.-Ing.
13 Sonstige Hinweise / *Other notes*
Modulseite / *Module Homepage* http://sensorik.uni-paderborn.de **Methodische Umsetzung / *Implementation*** Beamer oder Overhead-Projektion, unterstützt durch Tafelanschrieb *Beamer presentation accompanied by board sketches.* **Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*** Elvensproek: Mechanical Microsensors Handbook of Sensor Devices

2.5.2.20 Solar Electric Energy Systems

Solar Electric Energy Systems ***Solar Electric Energy Systems***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92033	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Sommersemester / *summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*
1 Modulstruktur / ***Module structure***			
L.048.22013 Solarelektrische Energiesysteme: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50) *L.048.92033 Solar Electric Energy Systems: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)*			
2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / ***Options within the module***			
Keine / *None*			
3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***			
Keine / *None*			
4 Inhalte / ***Contents***			
Kurzbeschreibung / ***Short Description*** 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 lay-out of a PV power plant

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden

sind in der Lage die Kenntnisse und Fertigkeiten disziplinübergreifend einzusetzen,

können methodenorientiertes Vorgehen bei der Implementierung einer nachhaltigen Energieversorgung einsetzen

sind in der Lage, sich in der Zukunft selbst weiterzubilden

The students

are enabled to apply the knowledge and skills across disciplines

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

are enabled to educate themselves in the future.
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 achievment*
Keine / *None*
8 Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen / *Prerequisites for participation in examinations*
Keine / *None*
9 Voraussetzungen für die Vergabe von Credits / *Prerequisites for assigning credits*
Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist. *The credit points are awarded after the module examination (MAP) was passed.*
10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*
Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1). *The module is weighted according to the number of credits (factor 1).*
11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*
EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET *EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET*
12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*
Krauter, Stefan, Prof. Dr.-Ing. habil.
13 Sonstige Hinweise / *Other notes*
Modulseite / *Module Homepage* http://www.nek.upb.de/lehre **Methodische Umsetzung / *Implementation*** Vorlesung mit praktischen Beispielrechnungen & Simulationen; Exkursion zu Praxisbeispielen. *Lecture combined with practical examples & simulations; Excursion to see applications in practice* **Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*** Martin A. Green: Solar Cells Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications, UNSW, Sydney, Publisher: Prentice Hall, 1981. Stuart R. Wenham, Martin A. Green, Muriel Watt, Richard Corkish, Alistair Sproul: Applied Photovoltaics, UNSW, Sydney, softcover version: Earthscan, 2012. Stefan Krauter: Solar Electric Power Generation. 1st Ed. Springer: Berlin, Heidelberg, New York, 2006. Stefan Krauter: Solar Electric Power Generation. 2nd Ed. Springer: Berlin, Heidelberg, New York, 2015 (under preparation, preprint available). Stephen W. Fardo, Dale R. Patrick: Electrical Power Systems Technology. The Fairmont Press, Inc., 2009.

2.5.2.21 Switched Mode Power Supplies

Elektronische Stromversorgungen ***Switched Mode Power Supplies***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92031	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch (je nach Nachfrage) / *German or English (depending on demand)*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.22004 Elektronische Stromversorgungen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)

L.048.92031 Switched Mode Power Supplies: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Kenntnisse der Vorlesung Leistungselektronik sind wünschenswert.

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

Knowledge from lecture Power Electronics is desirable.

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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

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

Inhalt / ***Contents***

- Grundschaltungen potentialtrennender Gleichstromumrichter
- Transformatoren, gekoppelte Spulen, Filter- und Schwingkreiskomponenten
- Resonanztechnik für verlustarmes Schalten
- Regelungstechnische Modellierung von Schaltnetzteilen
- Netzgleichrichter mit sinusförmiger Stromaufnahme: Leistungsteil und Regelungskonzepte

- *Basic circuits of isolated DC-DC power converters*
- *Transformers, coupled inductors, filters and resonant tanks*
- *resonant technique for low loss switching*
- *control design for switched mode power supplies*
- *rectifiers with sinusoidal current shape: power stage and control concepts*

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

Fachliche Kompetenzen

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

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

- Schaltungen und Regelungen mittels verschiedener Verfahren zu modellieren

Fachübergreifende Kompetenzen

Die Studierenden

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

Professional Competence

After attending the course, the students will be able

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

(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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Fröhleke, Norbert, AD, Dr.-Ing.

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://wwwlea.upb.de

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung
- Übung (Präsenzübung mit Übungsblättern und Rechnerübung im Computerraum)
- eintägiges Praktikum in der letzten Vorlesungswoche (Aufbau eines Schaltnetzteils)

- *lecture*
- *exercise*
- *one-day practical course in the last week of lecture periode (assembly of a switched mode power supply)*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

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

Lecture slides and skript, further literatur will be announced in lecture.

2.5.2.22 VLSI Testing

Test hochintegrierter Schaltungen ***VLSI Testing***			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.92027	**Workload (h)** 180	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *6*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Wintersemester / *winter semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 1-3	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Deutsch oder Englisch / *German or English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

L.048.25005 Test hochintegrierter Schaltungen: 2V + 2Ü (60 h / 120 h / WP / 50)
L.048.92027 VLSI Testing: 2L + 2Ex (60 h / 120 h / CE / 50)

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Grundlagen der Technischen Informatik
Hinweis: Soweit nicht anders angegeben, handelt es sich hierbei um Empfehlungen.

Introduction to Computer Engineering (Digital Design)
Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

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

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

Inhalt / ***Contents***

Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt:

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

In detail the following topics are covered:

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

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Fachkompetenz / *Domain competence*:

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

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

After attending the course, the students will be able

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

Fachübergreifende Kompetenzen / *Key qualifications*:

Die Studierenden können

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

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 achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

EMA, WGMAET, CEMA, ESEMA, MA LABKET

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

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

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Modulseite / *Module Homepage*

http://www.date.upb.de/pages/en/teaching.php?id=9

Methodische Umsetzung / *Implementation*

- Vorlesung mit Beamer und Tafel
- Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer
- Praktische Übungen mit verschiedenen Software-Werkzeugen am Rechner

- *Lecture based on slide presentation, extensions on blackboard*
- *Exercises in small groups based on exercise sheets with students presenting their own solutions*
- *Hands-on exercises using various software tools*

Lernmaterialien, Literaturangaben / *Teaching Material, Literature*

Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen koala-Kurs

Additional material can be found in koala

- Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,“Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000
- Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architec-tures: Design for Testability,“ Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975

2.6 Modul Group: Electrical Systems Engineering

Students may choose any two modules from the following module groups

- Introduction to Signal & Information Processing
- Electronics & Devices

or the students may choose compulsory modules from the other specialization.

Workload:

Time of attendance: 2x60 h; individual study: 2x120 h; total workload: 360 h

2.7 Projects

Students have to carry out either two projects lasting one semester with 9 CP each or one project lasting two semesters with 18 CP. The topics *analysis*, *design*, *realization* and *test* will be covered in small groups (max. 10 students). The projects are offered by the different research groups from the institute EIM-E.

Projects			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.98501 - M.048.98599	**Workload (h)** 540	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *18*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Winter- und Sommersemester / *winter and summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 2	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 2	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*
1 Modulstruktur / ***Module structure***			
L.048.98501 - .98999 "Project name (Project)": 18P (0 h - 270 h / 270 h - 540 h / C / 25) *L.048.98501 - .98999 "Project name (Project)": 18P (0 h - 270 h / 270 h - 540 h / C / 25)*			
2 Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls / ***Options within the module***			
1 aus n *1 of n*			
3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***			
4 Inhalte / ***Contents***			
Kurzbeschreibung / ***Short Description*** **Inhalt /** ***Contents*** Projektgruppen arbeiten im Team an Aufgabenstellungen, die thematisch in das wissenschaftliche Umfeld des Instituts mit seinen vielschichtigen engen Kooperationen mit Betrieben und der Industrie eingebettet sind. Diese Vernetzung des Instituts mit vielen namhaften Unternehmen eröffnet vielfältige und interessante Aufgabenstellungen für den Projektbetrieb und dient der Förderung des Berufsfeld- und Arbeitsmarktbezugs und dem Erwerb von fachübergreifenden Kompetenzen. *Project groups will be formed as teams to work on tasks where the relevant subjects are embedded in the scientific environment of the institute and its versatile, close cooperations with enterprises and industries. The intercommunication between the institute and renowned companies opens up numerous and attractive tasks for project works and serves to underline the relevance for the professional field and the employment market, and to support the acquisition of interdisciplinary competences.*			
5 Lernergebnisse und Kompetenzen / ***Learning outcomes and competences***			
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 pro-*			

cessing 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*

Schriftliche Ausarbeitung und Referat / 100%

Written report and presentation / 100%

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

Das Modul wird mit der Anzahl seiner 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, ESEMA, CEMA

EMA, ESEMA, CEMA

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

Wechselnd / *Varying*

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

Bemerkungen / *Comments*

Students have to carry out one project lasting two semesters with 18 CP.

As an exception two projects (L.048.98001 - .98499) lasting one semester with 9 CP each can be carried out.

2.8 General Studies

Students may choose freely from all modules offered at the University. However, it is recommended that students with limited or no proficiency in German devote part of their studies to acquire German language skills.

Workload:
Time of attendance: 2x30h; individual study: 2x60 h; total workload: 180 h

2.9 Master's Thesis

Students have to carry out a Master's thesis of one semester duration, resulting in 30 CP.

Workload: Full time for one semester – total workload: 900 h

Master thesis			
Modulnummer / ***Module number*** M.048.90000	**Workload (h)** 900	**Leistungspunkte /** ***Credits*** *30*	**Turnus /** ***Regular cycle*** Winter- und Sommersemester / *winter and summer semester*
	Studiensemester / ***Semester number*** 4	**Dauer (in Sem.) /** ***Duration (in sem.)*** 1	**Unterrichtssprache /** ***Teaching Language*** Englisch / *English*

1 Modulstruktur / ***Module structure***

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.

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.

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

Keine / *None*

3 Teilnahmevoraussetzungen / ***Admission requirements***

Die Voraussetzungen für den Beginn der Masterarbeit sind in § 10 Abs. 3 der Prüfungsordnung geregelt.

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

The prerequisites for the start of the master's thesis are detailed in § 10 section 3 of the examination regulations.

Information: Unless otherwise specified, these are recommendations.

4 Inhalte / ***Contents***

Kurzbeschreibung / ***Short Description***

Inhalt / ***Contents***

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.

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.

5 Lernergebnisse und Kompetenzen / *Learning outcomes and competences*

Lernziele

Mit der Masterarbeit hat die Absolventin bzw. der Absolvent gezeigt, dass sie bzw. er die Fähigkeit besitzt, innerhalb einer bestimmten Frist ein Problem der Elektrotechnik nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. In der Arbeit sind im Zuge des Studiums erworbene Kompetenzen, insbesondere fachlich-methodische Kompetenzen und gegebenenfalls fachübergreifende Kompetenzen, von der Absolventin bzw. vom Absolventen eingesetzt worden.

Learning Objectives

By completing the master thesis the graduates prove their capability to elaborate on a problem in electrical engineering within a defined period of time by applying scientific methods. The thesis will also serve to prove that the graduates are capable of applying competences acquired in the course of their studies, in particular technical-methodical competences and where applicable interdisciplinary competences.

6 Prüfungsleistung / *Assessments*

Modulabschlussprüfung / *Final modul exam*

Masterarbeit und Arbeitsplan / 100 %

Master thesis and working plan / 100%

7 Studienleistung, qualifizierte Teilnahme / *Study achievment*

Keine / *None*

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

Keine / *None*

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

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

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

10 Gewichtung für Gesamtnote / *Weighing for overall grade*

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

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

11 Verwendung in Studiengängen / *Reuse in degree courses*

12 Modulbeauftragte(r) / *Module coordinator*

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

13 Sonstige Hinweise / *Other notes*

HERAUSGEBER
PRÄSIDIUM DER UNIVERSITÄT PADERBORN
WARBURGER STR. 100
33098 PADERBORN

HTTP://WWW.UNI-PADERBORN.DE

ISSN 2199-2819