

# **Modulhandbuch**

Master of Science (M.Sc.)

## **Microelectronics and Microsystems**

Kohorte: Wintersemester 2020

Stand: 27. März 2021

---

---

# Inhaltsverzeichnis

---

---

Inhaltsverzeichnis	2
Studiengangsbeschreibung	3
Fachmodule der Kernqualifikation	5
Modul M0523: Betrieb & Management	5
Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	6
Modul M0676: Digitale Nachrichtenübertragung	8
Modul M1048: Integrated Circuit Design	10
Modul M0746: Microsystem Engineering	12
Modul M0768: Microsystems Technology in Theory and Practice	14
Modul M1137: Technischer Ergänzungskurs für IMPMM - Bereich ET (laut FSPO)	16
Modul M0918: Advanced IC Design	17
Modul M0761: Halbleitertechnologie	19
Modul M0747: Microsystem Design	21
Modul M1131: Technischer Ergänzungskurs für IMPMM - Bereich TUHH (laut FSPO)	23
Modul M1130: Projektarbeit IMPMM	24
Modul M1591: Seminar for IMPMM	25
Fachmodule der Vertiefung Communication and Signal Processing	26
Modul M0836: Communication Networks	26
Modul M0710: Hochfrequenztechnik	28
Modul M0637: Advanced Concepts of Wireless Communications	30
Modul M0738: Digital Audio Signal Processing	32
Modul M0552: 3D Computer Vision	34
Modul M0677: Digital Signal Processing and Digital Filters	36
Modul M0550: Digital Image Analysis	38
Fachmodule der Vertiefung Embedded Systems	40
Modul M0791: Rechnerarchitektur	40
Modul M0924: Software für Eingebettete Systeme	42
Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems	44
Modul M0803: Embedded Systems	46
Modul M0925: Digital Circuit Design	48
Modul M0910: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (Praktikum)	49
Fachmodule der Vertiefung Microelectronics Complements	50
Modul M0925: Digital Circuit Design	50
Modul M1611: Silicon Photonics	51
Modul M0921: Electronic Circuits for Medical Applications	53
Modul M0769: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	56
Modul M0919: Laboratory: Digital Circuit Design	58
Modul M0645: Fibre and Integrated Optics	60
Modul M0643: Optoelectronics I - Wave Optics	62
Modul M0781: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme	64
Modul M0913: Mixed-signal Circuit Design	67
Modul M1589: Laboratory: Analog Circuit Design	69
Modul M0644: Optoelectronics II - Quantum Optics	71
Thesis	73
Modul M-002: Masterarbeit	73

---

---

## Studiengangsbeschreibung

---

---

### Inhalt

Die Mikroelektronik, oder besser gesagt Nanoelektronik, da die minimalen Strukturgrößen zahlreicher in Großvolumina produzierten integrierten Schaltungen nur noch im Bereich von 20 Nanometer und darunter liegen, ist die Basis für die Produkte, die als Innovationen der vergangenen Jahre das tägliche Leben der Menschheit stark beeinflussen. Als Beispiele seien nur genannt der Personal Computer und das Smartphone, die beide mit Internetanbindung neue Dimensionen der Kommunikation und Information erschließen. Auch in der Medizin sind diagnostische Verfahren wie Computer- und Kernspintomographie oder intelligente Implantate nur mit moderner Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik in der erforderlichen Leistungsfähigkeit realisierbar.

Grundlage für die Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik ist die Halbleitertechnologie. Deshalb ist es die Zielsetzung des Internationalen Masterstudiengangs „Microelectronics and Microsystems“, den Studierenden fundiertes Wissen auf physikalischer Ebene über die elektronischen Vorgängen in halbleitenden Materialien, vorwiegend Silizium, in Hinblick auf Bauelemente und deren Anwendungen und Herstellungsverfahren zu vermitteln sowie sie in der Technologie und Funktionsweise der Mikrosystemtechnik auszubilden. Sie sollen nicht nur die aktuellen Bauelemente und Prozesse in ihrem Aufbau, ihrer Herstellung und Wirkungsweise verstehen, sondern auch in kritischer Weise das Problempotenzial, das mit dem Übergang zu kleineren Strukturen entsteht, erkennen können. Darüber hinaus sollen sie eine Vorstellung entwickeln, in welche Richtung Maßnahmen zielen müssen, um einer Lösung solcher Probleme näher zu kommen. Dadurch werden sie befähigt, die weitere Strukturverkleinerung mit ihrem Potenzial - aber auch ihren Einschränkungen - zu verstehen, um diesen Prozess, der ihr Berufsleben begleiten wird, aktiv auf technologischer oder Anwenderseite mit zu gestalten.

Neben der wichtigen Rolle der physikalischen Grundlagen nimmt eine genaue Kenntnis der prozessabhängigen Herstellungsverfahren eine Schlüsselrolle ein, um den Studierenden sowohl in der Mikroelektronik als auch in der Mikrosystemtechnik das Rüstzeug mitzugeben, mit dem sie in der beruflichen Praxis neue Lösungen konzipieren und diese dann in funktionsfähige Systeme umsetzen können.

Der Internationale Masterstudiengang "Microelectronics and Microsystems" qualifiziert die Studierenden für eine wissenschaftlich ausgerichtete Berufstätigkeit im Bereich der Elektrotechnik und Informationstechnik, wobei sich das Berufsfeld von der Entwicklung über die Herstellung und Anwendung bis zur Qualitätssicherung von komplexen Systemen mit hochintegrierten Schaltkreisen und mikrosystemtechnischen Komponenten erstrecken kann. Beide Gebiete wachsen mehr und mehr zusammen, da eine schnell steigende Anzahl neuer komplexer Anwendungen die Integration von Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik in einem System erfordert.

Insbesondere soll der Studiengang dazu befähigen, nicht nur neue komplexe Systeme für innovative Anwendungen zu entwerfen sondern diese auch produktorientiert nutzbar zu machen. Dabei steht die Vermittlung von ingenieurwissenschaftlicher Methodik auf physikalischer Basis sowohl in den theoretischen als auch in den anwendungsorientierten Lehrveranstaltungen im Vordergrund.

### Berufliche Perspektiven

Die Absolventinnen und Absolventen des Internationalen Masterstudiengangs „Microelectronics and Microsystems“ finden ein sehr breitgefächertes berufliches Umfeld vor, da sie sowohl fundiertes Wissen für den Entwurf, die Anwendung und auch für die Herstellung hochintegrierter Schaltkreise der Mikroelektronik und von Mikrosystemen in ihrem Studium erworben haben. Potenzielle Arbeitgeber sind deshalb einerseits Großfirmen mit internationalen Standorten für die Produktion von integrierten Schaltungen, aber auch mittelständische und kleinere Firmen im Bereich der Mikrosystemtechnik.

Ein vielfältiges Angebot an Arbeitsplätzen gibt es auch im Bereich des Entwurfs sowohl von integrierten Schaltungen als auch von Mikrosystemen. Aufgrund des rapiden Preisverfalls für leistungsfähige Computersysteme kann der Entwurf auch von sehr kleinen Firmen am Rechner durchgeführt werden. In einer Arbeitsteilung wird dann die Herstellung von größeren Firmen übernommen, weshalb der Entwurfsbereich auch in Zukunft eine stabile Säule des Arbeitsmarktes für die Absolventen des Internationalen Studiengangs Microelectronics and Microsystems bleiben wird.

### Lernziele

#### Wissen

1. Die Studierenden verstehen die physikalischen Grundprinzipien mikroelektronischer Bauelemente und mikrosystemtechnischer Funktionseinheiten sowie deren Herstellungstechnologie und können diese in voller Breite und Tiefe erläutern.
2. Sie haben vertiefte Kenntnisse in ausgewählten Teilgebieten gewonnen zusammen mit einem breiten theoretischen und methodischen Fundament.
3. Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse der interdisziplinären Zusammenhänge.
4. Sie verfügen über die notwendigen Hintergrundkenntnisse, um ihr Fachgebiet in das wissenschaftliche und gesellschaftliche Umfeld einordnen zu können.

#### Fertigkeiten

Die Studierenden sind in der Lage

1. Berechnungsmethoden zur quantitativen Analyse von Designparametern und zur Entwicklung von innovativen Systemen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik anzuwenden.
1. komplexe Probleme und Aufgabenstellungen durch grundlagenbasierte methodische Ansätze auch außerhalb der vorgegebenen Lösungsmuster selbstständig zu lösen.
2. den technologischen Fortschritt und die wissenschaftlichen Weiterentwicklungen sowie technische, ökonomische und ökologische Randbedingungen in die Problemlösungen einzubeziehen.

#### Sozialkompetenz

Die Studierenden sind fähig,

1. in interdisziplinären Teams zu arbeiten und prozessorientiert ihre Arbeit zu organisieren als Vorbereitung auf forschungsorientierte Berufstätigkeit und Führungsverantwortung.
2. ihre Arbeitsergebnisse schriftlich oder mündlich und auch in internationalen Kontexten zielgruppengerecht zu präsentieren.

#### Selbstständigkeit

1. Die Studierenden können in effektiv selbstorganisierter Weise sich Teilgebiete ihres Faches mit wissenschaftlicher Methodik erschließen.
2. Sie sind in der Lage, ihr erlerntes Wissen in eigenständiger Weise mit geeigneten Präsentationstechniken vorzutragen oder in einem Dokument von angemessenem Umfang darzustellen.
3. Die Studierenden sind in der Lage, weiteren Informationsbedarf zu erkennen und eine Strategie zu entwickeln, um ihr Wissen selbstständig zu

### **Studiengangsstruktur**

Das Curriculum des Internationalen Masterstudiengangs „Microelectronics and Microsystems“ ist wie folgt gegliedert:

- Kernqualifikation:
- Vertiefung: Die Studierenden wählen eine aus den folgenden zwei Vertiefungen:
- 

In ihrer Vertiefung belegen die Studierenden Module im Umfang von insgesamt 18 Leistungspunkten (1. - 3. Semester).

- Masterarbeit mit 30 LP (4. Semester)

Damit ergibt sich ein Gesamtaufwand für das gesamte Studienprogramm von 120 LP.

**Fachmodule der Kernqualifikation**

<b>Modul M0523: Betrieb &amp; Management</b>	
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Meyer
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Keine
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>  <i>Fertigkeiten</i>  <b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>  <i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte betriebswirtschaftliche Spezialgebiete innerhalb der Betriebswirtschaftslehre zu verorten.</li> <li>• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Theorien, Kategorien und Modelle erklären.</li> <li>• Die Studierenden können technisches und betriebswirtschaftliches Wissen miteinander in Beziehung setzen.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.</li> <li>• Die Studierenden können für praktische Fragestellungen in betriebswirtschaftlichen Teilbereichen Entscheidungsvorschläge begründen.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, in interdisziplinären Kleingruppen zu kommunizieren und gemeinsam Lösungen für komplexe Problemstellungen zu erarbeiten.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, sich notwendiges Wissen durch Recherchen und Aufbereitungen von Material selbstständig zu erschließen.</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
<b>Leistungspunkte</b>	6

**Lehrveranstaltungen**

**Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.**

Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dagmar Richter
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Keine
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>	<p><b>Die Nichttechnischen Angebote (NTA)</b></p> <p>vermittelt die in Hinblick auf das Ausbildungsprofil der TUHH nötigen Kompetenzen, die ingenieurwissenschaftliche Fachlehre fördern aber nicht abschließend behandeln kann: Eigenverantwortlichkeit, Selbstführung, Zusammenarbeit und fachliche wie personale Leitungsbefähigung der zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure. Er setzt diese Ausbildungsziele in seiner <b>Lehrarchitektur</b>, den <b>Lehr-Lern-Arrangements</b>, den <b>Lehrbereichen</b> und durch Lehrangebote um, in denen sich Studierende wahlweise für <b>spezifische Kompetenzen</b> und ein <b>Kompetenzniveau</b> auf Bachelor- oder Masterebene qualifizieren können. Die Lehrangebote sind jeweils in einem Modulkatalog Nichttechnische Ergänzungskurse zusammengefasst.</p> <p><b>Die Lehrarchitektur</b></p> <p>besteht aus einem studiengangübergreifenden Pflichtstudienangebot. Durch dieses zentral konzipierte Lehrangebot wird die Profilierung der TUHH Ausbildung auch im nichttechnischen Bereich gewährleistet.</p> <p>Die Lernarchitektur erfordert und übt eigenverantwortliche Bildungsplanung in Hinblick auf den individuellen Kompetenzaufbau ein und stellt dazu Orientierungswissen zu thematischen Schwerpunkten von Veranstaltungen bereit.</p> <p>Das über den gesamten Studienverlauf begleitend studierbare Angebot kann ggf. in ein-zwei Semestern studiert werden. Angesichts der bekannten, individuellen Anpassungsprobleme beim Übergang von Schule zu Hochschule in den ersten Semestern und um individuell geplante Auslandsemester zu fördern, wird jedoch von einer Studienfixierung in konkreten Fachsemestern abgesehen.</p> <p><b>Die Lehr-Lern-Arrangements</b></p> <p>sehen für Studierende - nach B.Sc. und M.Sc. getrennt - ein semester- und fachübergreifendes voneinander Lernen vor. Der Umgang mit Interdisziplinarität und einer Vielfalt von Lernständen in Veranstaltungen wird eingeübt - und in spezifischen Veranstaltungen gezielt gefördert.</p> <p><b>Die Lehrbereiche</b></p> <p>basieren auf Forschungsergebnissen aus den wissenschaftlichen Disziplinen Kulturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Kunst, Geschichtswissenschaften, Kommunikationswissenschaften, Migrationswissenschaften, Nachhaltigkeitsforschung und aus der Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Über alle Studiengänge hinweg besteht im Bachelorbereich zusätzlich ab Wintersemester 2014/15 das Angebot, gezielt Betriebswirtschaftliches und Gründungswissen aufzubauen. Das Lehrangebot wird durch soft skill und Fremdsprachkurse ergänzt. Hier werden insbesondere kommunikative Kompetenzen z.B. für Outgoing Engineers gezielt gefördert.</p> <p><b>Das Kompetenzniveau</b></p> <p>der Veranstaltungen in den Modulen der nichttechnischen Ergänzungskurse unterscheidet sich in Hinblick auf das zugrunde gelegte Ausbildungsziel: Diese Unterschiede spiegeln sich in den verwendeten Praxisbeispielen, in den - auf unterschiedliche berufliche Anwendungskontexte verweisende - Inhalten und im für M.Sc. stärker wissenschaftlich-theoretischen Abstraktionsniveau. Die Soft skills für Bachelor- und für Masterabsolventinnen/ Absolventen unterscheidet sich an Hand der im Berufsleben unterschiedlichen Positionen im Team und bei der Anleitung von Gruppen.</p> <p><b>Fachkompetenz (Wissen)</b></p> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewähltes Spezialgebiete des jeweiligen nichttechnischen Bereiches erläutern,</li> <li>• in den im Lehrbereich vertretenen Disziplinen grundlegende Theorien, Kategorien, Begrifflichkeiten, Modelle, Konzepte oder künstlerischen Techniken skizzieren,</li> <li>• diese fremden Fachdisziplinen systematisch auf die eigene Disziplin beziehen, d.h. sowohl abgrenzen als auch Anschlüsse benennen,</li> <li>• in Grundzügen skizzieren, inwiefern wissenschaftliche Disziplinen, Paradigmen, Modelle, Instrumente, Verfahrensweisen und Repräsentationsformen der Fachwissenschaften einer individuellen und soziokulturellen Interpretation und Historizität unterliegen,</li> <li>• können Gegenstandsangemessen in einer Fremdsprache kommunizieren (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).</li> </ul>
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Die Studierenden können in ausgewählten Teilbereichen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende und teils auch spezielle Methoden der genannten Wissenschaftsdisziplinen anwenden.</li> <li>• technische Phänomene, Modelle, Theorien usw. aus der Perspektive einer anderen, oben erwähnten Fachdisziplin befragen.</li> <li>• einfache und teils auch fortgeschrittene Problemstellungen aus den behandelten Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich</li> </ul>

Modulhandbuch M.Sc. "Microelectronics and Microsystems"

<p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p>	<p>bearbeiten,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bei praktischen Fragestellungen in Kontexten, die den technischen Sach- und Fachbezug übersteigen, ihre Entscheidungen zu Organisations- und Anwendungsformen der Technik begründen.</li> </ul> <p>Die Studierenden sind fähig ,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in unterschiedlichem Ausmaß kooperativ zu lernen</li> <li>• eigene Aufgabenstellungen in den o.g. Bereichen in adressatengerechter Weise in einer Partner- oder Gruppensituation zu präsentieren und zu analysieren,</li> <li>• nichttechnische Fragestellungen einer Zuhörerschaft mit technischem Hintergrund verständlich darzustellen</li> <li>• sich landessprachlich kompetent, kulturell angemessen und geschlechtersensibel auszudrücken (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist)</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in ausgewählten Bereichen in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die eigene Profession und Professionalität im Kontext der lebensweltlichen Anwendungsgebiete zu reflektieren,</li> <li>• sich selbst und die eigenen Lernprozesse zu organisieren,</li> <li>• Fragestellungen vor einem breiten Bildungshorizont zu reflektieren und verantwortlich zu entscheiden,</li> <li>• sich in Bezug auf ein nichttechnisches Sachthema mündlich oder schriftlich kompetent auszudrücken.</li> <li>• sich als unternehmerisches Subjekt zu organisieren, (sofern dies ein gewählter Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).</li> </ul>
<p><b>Arbeitsaufwand in Stunden</b></p>	<p>Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen</p>
<p><b>Leistungspunkte</b></p>	<p>6</p>

**Lehrveranstaltungen**

**Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.**

Modul M0676: Digitale Nachrichtenübertragung				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Digitale Nachrichtenübertragung (L0444)		Vorlesung	2	3
Digitale Nachrichtenübertragung (L0445)		Hörsaalübung	2	2
Praktikum Digitale Nachrichtenübertragung (L0646)		Laborpraktikum	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Gerhard Bauch			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik 1-3</li> <li>• Signale und Systeme</li> <li>• Einführung in die Nachrichtentechnik und ihre stochastischen Methoden</li> </ul>			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>				
<i>Wissen</i>	Die Studierenden sind in der Lage, moderne digitale Nachrichtenübertragungsverfahren zu verstehen, zu vergleichen und zu entwerfen. Sie sind vertraut mit den Eigenschaften linearer und nicht-linearer digitaler Modulationsverfahren. Sie können die Verzerrungen durch Übertragungskanäle beschreiben sowie Empfänger einschließlich Kanalschätzung und Entzerrung entwerfen und beurteilen. Sie kennen die Prinzipien der Single Carrier- und Multicarrier-Übertragung und die Grundlagen wichtiger Vielfachzugriffsverfahren.			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, ein digitales Nachrichtenübertragungsverfahren einschließlich Vielfachzugriff zu analysieren und zu entwerfen. Sie sind in der Lage, ein hinsichtlich Übertragungsrate, Bandbreitebedarf, Fehlerwahrscheinlichkeit und weiterer Signaleigenschaften geeignetes digitales Modulationsverfahren zu wählen. Sie können einen geeigneten Detektor einschließlich Kanalschätzung und Entzerrung entwerfen und dabei Eigenschaften suboptimaler Verfahren hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Aufwand berücksichtigen. Sie sind in der Lage, ein Single-Carrierverfahren oder ein Multicarrier-Verfahren zu dimensionieren und die Eigenschaften beider Ansätze gegeneinander abzuwägen.			
<b>Personale Kompetenzen</b>				
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten.			
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus geeigneten Literaturquellen selbstständig zu beschaffen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihren Wissensstand mit Hilfe vorlesungsbegleitender Maßnahmen (klausurnahe Aufgaben, Software-Tools, Clicker-System) kontinuierlich überprüfen und auf dieser Basis ihre Lernprozesse steuern.			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70			
<b>Leistungspunkte</b>	6			
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung	
<b>Prüfung</b>	Klausur			
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Kernqualifikation: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Pflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Netze: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht			



<b>Lehrveranstaltung L0444: Digitale Nachrichtenübertragung</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerhard Bauch
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitale Modulationsverfahren</li> <li>• Kohärente und nicht-kohärente Detektion</li> <li>• Kanalschätzung und Entzerrung</li> <li>• Single-Carrier- und Multicarrierübertragungsverfahren, Vielfachzugriffsverfahren (TDMA, FDMA, CDMA, OFDM)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>K. Kammeyer: Nachrichtenübertragung, Teubner</p> <p>P.A. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Teubner.</p> <p>J.G. Proakis, M. Salehi: Digital Communications. McGraw-Hill.</p> <p>S. Haykin: Communication Systems. Wiley</p> <p>R.G. Gallager: Principles of Digital Communication. Cambridge</p> <p>A. Goldsmith: Wireless Communication. Cambridge.</p> <p>D. Tse, P. Viswanath: Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge.</p>

<b>Lehrveranstaltung L0445: Digitale Nachrichtenübertragung</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerhard Bauch
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0646: Praktikum Digitale Nachrichtenübertragung</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerhard Bauch
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DSL-Übertragung</li> <li>- Stochastische Prozesse</li> <li>- Digitale Datenübertragung</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>K. Kammeyer: Nachrichtenübertragung, Teubner</p> <p>P.A. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Teubner.</p> <p>J.G. Proakis, M. Salehi: Digital Communications. McGraw-Hill.</p> <p>S. Haykin: Communication Systems. Wiley</p> <p>R.G. Gallager: Principles of Digital Communication. Cambridge</p> <p>A. Goldsmith: Wireless Communication. Cambridge.</p> <p>D. Tse, P. Viswanath: Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge.</p>

Modul M1048: Integrated Circuit Design			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Entwurf Integrierter Schaltungen (L0691)		Vorlesung	3            4
Entwurf Integrierter Schaltungen (L0998)		Gruppenübung	1            2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Kuhl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of (solid-state) physics and mathematics. Knowledge in fundamentals of electrical engineering and electrical networks.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain basic concepts of electron transport in semiconductor devices (energy bands, generation/recombination, carrier concentrations, drift and diffusion current densities, semiconductor device equations).</li> <li>• Students are able to explain functional principles of pn-diodes, MOS capacitors, and MOSFETs using energy band diagrams.</li> <li>• Students can present and discuss current-voltage relationships and small-signal equivalent circuits of these devices.</li> <li>• Students can explain the physics and current-voltage behavior transistors based on charged carrier flow.</li> <li>• Students are able to explain the basic concepts for static and dynamic logic gates for integrated circuits</li> <li>• Students can exemplify approaches for low power consumption on the device and circuit level</li> <li>• Students can describe the potential and limitations of analytical expression for device and circuit analysis.</li> <li>• Students can explain characterization techniques for MOS devices.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can qualitatively construct energy band diagrams of the devices for varying applied voltages.</li> <li>• Students are able to qualitatively determine electric field, carrier concentrations, and charge flow from energy band diagrams.</li> <li>• Students can understand scientific publications from the field of semiconductor devices.</li> <li>• Students can calculate the dimensions of MOS devices in dependence of the circuits properties</li> <li>• Students can design complex electronic circuits and anticipate possible problems.</li> <li>• Students know procedure for optimization regarding high performance and low power consumption</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can team up with other experts in the field to work out innovative solutions.</li> <li>• Students are able to work by their own or in small groups for solving problems and answer scientific questions.</li> <li>• Students have the ability to critically question the value of their contributions to working groups.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are able to assess their knowledge in a realistic manner.</li> <li>• Students are able to define their personal approaches to solve challenging problems</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0691: Integrated Circuit Design	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electron transport in semiconductors</li> <li>• Electronic operating principles of diodes, MOS capacitors, and MOS field-effect transistors</li> <li>• MOS transistor as four terminal device</li> <li>• Performance degradation due to short channel effects</li> <li>• Scaling-down of MOS technology</li> <li>• Digital logic circuits</li> <li>• Basic analog circuits</li> <li>• Operational amplifiers</li> <li>• Bipolar and BiCMOS circuits</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yuan Taur, Tak H. Ning: Fundamentals of Modern VLSI Devices, Cambridge University Press 1998</li> <li>• R. Jacob Baker: CMOS, Circuit Design, Layout and Simulation, IEEE Press, Wiley Interscience, 3rd Edition, 2010</li> <li>• Neil H.E. Weste and David Money Harris, Integrated Circuit Design, Pearson, 4th International Edition, 2013</li> <li>• John E. Ayers, Digital Integrated Circuits: Analysis and Design, CRC Press, 2009</li> <li>• Richard C. Jaeger and Travis N. Blalock: Microelectronic Circuit Design, Mc Graw-Hill, 4rd. Edition, 2010</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0998: Integrated Circuit Design	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0746: Microsystem Engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Mikrosystemtechnik (L0680)		Vorlesung	2              4
Mikrosystemtechnik (L0682)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Manfred Kasper		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic courses in physics, mathematics and electric engineering		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	The students know about the most important technologies and materials of MEMS as well as their applications in sensors and actuators.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to analyze and describe the functional behaviour of MEMS components and to evaluate the potential of microsystems.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to solve specific problems alone or in a group and to present the results accordingly.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to acquire particular knowledge using specialized literature and to integrate and associate this knowledge with other fields.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Nein	10 %	Referat
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	zweistündig		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Kernqualifikation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0680: Microsystem Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. rer. nat. Thomas Kusserow
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Object and goal of MEMS</p> <p>Scaling Rules</p> <p>Lithography</p> <p>Film deposition</p> <p>Structuring and etching</p> <p>Energy conversion and force generation</p> <p>Electromagnetic Actuators</p> <p>Reluctance motors</p> <p>Piezoelectric actuators, bi-metal-actuator</p> <p>Transducer principles</p> <p>Signal detection and signal processing</p> <p>Mechanical and physical sensors</p> <p>Acceleration sensor, pressure sensor</p> <p>Sensor arrays</p> <p>System integration</p> <p>Yield, test and reliability</p>
<b>Literatur</b>	<p>M. Kasper: Mikrosystementwurf, Springer (2000)</p> <p>M. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press (1997)</p>

<b>Lehrveranstaltung L0682: Microsystem Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. rer. nat. Thomas Kusserow
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Examples of MEMS components</p> <p>Layout consideration</p> <p>Electric, thermal and mechanical behaviour</p> <p>Design aspects</p>
<b>Literatur</b>	Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

Modul M0768: Microsystems Technology in Theory and Practice			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Mikrosystemtechnologie (L0724)	Vorlesung	2	4
Mikrosystemtechnologie (L0725)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basics in physics, chemistry, mechanics and semiconductor technology		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Students are able		
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>to present and to explain current fabrication techniques for microstructures and especially methods for the fabrication of microsensors and microactuators, as well as the integration thereof in more complex systems</li> <li>to explain in details operation principles of microsensors and microactuators and</li> <li>to discuss the potential and limitation of microsystems in application.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are capable		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>to analyze the feasibility of microsystems,</li> <li>to develop process flows for the fabrication of microstructures and</li> <li>to apply them.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Students are able to prepare and perform their lab experiments in team work as well as to present and discuss the results in front of audience.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	None		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung
			<b>Beschreibung</b>
			Studierenden führen in Kleingruppen ein Laborpraktikum durch. Jede Gruppe präsentiert und diskutiert die Theorie sowie die Ergebnisse ihrer Labortätigkeit vor dem gesamten Kurs.
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0724: Microsystems Technology	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction (historical view, scientific and economic relevance, scaling laws)</li> <li>• Semiconductor Technology Basics, Lithography (wafer fabrication, photolithography, improving resolution, next-generation lithography, nano-imprinting, molecular imprinting)</li> <li>• Deposition Techniques (thermal oxidation, epitaxy, electroplating, PVD techniques: evaporation and sputtering; CVD techniques: APCVD, LPCVD, PECVD and LECVD; screen printing)</li> <li>• Etching and Bulk Micromachining (definitions, wet chemical etching, isotropic etch with HNA, electrochemical etching, anisotropic etching with KOH/TMAH: theory, corner undercutting, measures for compensation and etch-stop techniques; plasma processes, dry etching: back sputtering, plasma etching, RIE, Bosch process, cryo process, XeF2 etching)</li> <li>• Surface Micromachining and alternative Techniques (sacrificial etching, film stress, stiction: theory and counter measures; Origami microstructures, Epi-Poly, porous silicon, SOI, SCREAM process, LIGA, SU8, rapid prototyping)</li> <li>• Thermal and Radiation Sensors (temperature measurement, self-generating sensors: Seebeck effect and thermopile; modulating sensors: thermo resistor, Pt-100, spreading resistance sensor, pn junction, NTC and PTC; thermal anemometer, mass flow sensor, photometry, radiometry, IR sensor: thermopile and bolometer)</li> <li>• Mechanical Sensors (strain based and stress based principle, capacitive readout, piezoresistivity, pressure sensor: piezoresistive, capacitive and fabrication process; accelerometer: piezoresistive, piezoelectric and capacitive; angular rate sensor: operating principle and fabrication process)</li> <li>• Magnetic Sensors (galvanomagnetic sensors: spinning current Hall sensor and magneto-transistor; magnetoresistive sensors: magneto resistance, AMR and GMR, fluxgate magnetometer)</li> <li>• Chemical and Bio Sensors (thermal gas sensors: pellistor and thermal conductivity sensor; metal oxide semiconductor gas sensor, organic semiconductor gas sensor, Lambda probe, MOSFET gas sensor, pH-FET, SAW sensor, principle of biosensor, Clark electrode, enzyme electrode, DNA chip)</li> <li>• Micro Actuators, Microfluidics and TAS (drives: thermal, electrostatic, piezo electric and electromagnetic; light modulators, DMD, adaptive optics, microscanner, microvalves: passive and active, micropumps, valveless micropump, electrokinetic micropumps, micromixer, filter, inkjet printhead, microdispenser, microfluidic switching elements, microreactor, lab-on-a-chip, microanalytics)</li> <li>• MEMS in medical Engineering (wireless energy and data transmission, smart pill, implantable drug delivery system, stimulators: microelectrodes, cochlear and retinal implant; implantable pressure sensors, intelligent osteosynthesis, implant for spinal cord regeneration)</li> <li>• Design, Simulation, Test (development and design flows, bottom-up approach, top-down approach, testability, modelling: multiphysics, FEM and equivalent circuit simulation; reliability test, physics-of-failure, Arrhenius equation, bath-tub relationship)</li> <li>• System Integration (monolithic and hybrid integration, assembly and packaging, dicing, electrical contact: wire bonding, TAB and flip chip bonding; packages, chip-on-board, wafer-level-package, 3D integration, wafer bonding: anodic bonding and silicon fusion bonding; micro electroplating, 3D-MID)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>M. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, 2002</p> <p>N. Schwesinger: Lehrbuch Mikrosystemtechnik, Oldenbourg Verlag, 2009</p> <p>T. M. Adams, R. A. Layton: Introductory MEMS, Springer, 2010</p> <p>G. Gerlach; W. Dötzel: Introduction to microsystem technology, Wiley, 2008</p>

Lehrveranstaltung L0725: Microsystems Technology	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Modul M1137: Technischer Ergänzungskurs für IMPMM - Bereich ET (laut FSPO)</b>			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlegende Kenntnisse in Elektrotechnik, Physik, Halbleiterbauelemente und Mathematik auf Bachelor-Niveau.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>  <i>Fertigkeiten</i>	Da dieses Modul aus dem Modul-Katalog des Dekanats E frei gewählt werden kann, richtet sich die Fachkompetenz nach dem jeweils gewählten Fach. Da dieses Modul aus dem Modul-Katalog des Dekanats E frei gewählt werden kann, richten sich die zu erwerbenden Fertigkeiten nach dem jeweils gewählten Fach.		
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>  <i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studierende können mit einem der mehreren Partnern mit unterschiedlichem fachlichen Hintergrund effektiv zusammenarbeiten.</li> <li>• Studierende können selbstständig alleine oder in einer kleinen Gruppe fachliche Probleme lösen und Fachfragen beantworten.</li> <li>• Studierende sind in der Lage, ihr erworbenes Wissen realistisch einzuschätzen.</li> <li>• Die Studierenden können Szenarien entwickeln, um die Auswirkungen von moderner, mobiler Elektronik auf den zukünftigen Lebensstil der Gesellschaft einzuschätzen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		



Modul M0918: Advanced IC Design			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Erweiterter IC-Entwurf (L0766)		Vorlesung	2              3
Erweiterter IC-Entwurf (L1057)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Kuhl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Fundamentals of electrical engineering, electronic devices and circuits		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain the basic structure of the circuit simulator SPICE.</li> <li>• Students are able to describe the differences between the MOS transistor models of the circuit simulator SPICE.</li> <li>• Students can discuss the different concept for realization the hardware of electronic circuits.</li> <li>• Students can exemplify the approaches for "Design for Testability".</li> <li>• Students can specify models for calculation of the reliability of electronic circuits.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can determine the input parameters for the circuit simulation program SPICE.</li> <li>• Students can select the most appropriate MOS modelling approaches for circuit simulations.</li> <li>• Students can quantify the trade-off of different design styles.</li> <li>• Students can determine the lot sizes and costs for reliability analysis.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can compile design studies by themselves or together with partners.</li> <li>• Students are able to select the most efficient design methodology for a given task.</li> <li>• Students are able to define the work packages for design teams.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are able to assess the strengths and weaknesses of their design work in a self-contained manner.</li> <li>• Students can name and bring together all the tools required for total design flow.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0766: Advanced IC Design	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuit-Simulator SPICE</li> <li>• SPICE-Models for MOS transistors</li> <li>• IC design</li> <li>• Technology of MOS circuits</li> <li>• Standard cell design</li> <li>• Design of gate arrays</li> <li>• CMOS transconductance and transimpedance amplifiers</li> <li>• frequency behavior of CMOS circuits</li> <li>• Techniques for improved circuit behaviour (e.g. cascodes, gain boosting, folding, ...)</li> <li>• Examples for realization of ASICs in the institute of nanoelectronics</li> <li>• Reliability of integrated circuits</li> <li>• Testing of integrated circuits</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>R. J. Baker, „CMOS-Circuit Design, Layout, and Simulation“, Wiley &amp; Sons, IEEE Press, 2010</p> <p>B. Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", McGraw-Hill Education Ltd, 2000</p> <p>X. Liu, VLSI-Design Methodology Demystified; IEEE, 2009</p>

Lehrveranstaltung L1057: Advanced IC Design	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl, Weitere Mitarbeiter
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0761: Halbleitertechnologie			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Halbleitertechnologie (L0722)		Vorlesung	4            4
Halbleitertechnologie (L0723)		Laborpraktikum	2            2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen in Physik, Chemie, Werkstoffen und Halbleiterbauelemente		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die aktuellen Herstellungsmethoden für Si- und GaAs- Substrate beschreiben und erklären,</li> <li>• die wesentlichen Prozesse, ihre Abfolge und Auswirkungen zur Herstellung von Halbleiterbauelementen und hochintegrierten Schaltungen erläutern und</li> <li>• integrierte Prozessabläufe darstellen.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende sind in der Lage,		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eine Analyse der Einflüsse von Prozessparametern auf die Prozessierung durchzuführen,</li> <li>• Prozesse auszuwählen und zu bewerten sowie</li> <li>• Prozessfolgen für die Herstellung von Halbleiterbauelementen zu entwerfen.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Studierende können in Gruppen Versuche planen, durchführen sowie die Ergebnisse präsentieren und vor anderen vertreten.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Keine		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0722: Halbleitertechnologie	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	4
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 64, Präsenzstudium 56
<b>Dozenten</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung (historische Betrachtung und Trends in der Mikroelektronik)</li> <li>• Werkstoffgrundlagen (Halbleiter, Kristalle, Miller-Indizes, Kristallfehler)</li> <li>• Kristallherstellung (Kristallzucht für Si und GaAs: Verunreinigungen, Reinigung, Czochralski-, Bridgeman- und Zonenschmelz-Verfahren)</li> <li>• Waferherstellung (Prozessabfolge, Parameter, SOI)</li> <li>• Prozessgrundlagen</li> <li>• Dotierung (Bändermodell, Dotierung, Dotierung durch Legieren, Dotierung durch Diffusion: Transportprozesse, Dotierungsprofile, Effekte höherer Ordnung und Prozesstechnik, Ionenimplantation: Theorie, Implantationsprofile, Channeling, Implantationsschäden, Ausheilprozesse und Anlagentechnik)</li> <li>• Oxidation (Siliziumdioxid: Struktur, elektrische Eigenschaften und Ladungen im Oxid, thermische Oxidation: Reaktionen, Kinetik, Einflüsse auf Wachstumsrate und Prozess- und Anlagentechnik, anodische Oxidation, Plasmaoxidation, thermische Oxidation von GaAs)</li> <li>• Abscheideverfahren (Theorie: Keimbildung, Schichtwachstum und Strukturzonenmodell, Wachstumsprozess, Reaktionskinetik, Temperatureinfluss und Reaktorbau; Epitaxie: Gasphasen-, Flüssigphasen-, Molekularstrahl-Epitaxie; CVD-Verfahren: APCVD, LPCVD, Abscheidung von Metallsiliziden, PECVD und LECVD; Grundlagen des Plasma, Anlagentechnik, PVD-Verfahren: Hochvakuum-Aufdampfen, Kathodenzerstäuben)</li> <li>• Strukturierungsverfahren (subtraktive Verfahren, Photolithographie: Lackeigenschaften, Belichtungsverfahren, Kontakt-, Abstand- und Projektionsbelichtung, Auflösungsgrenze, Probleme in der Praxis und Belichtungseinrichtungen, additive Verfahren: Abhebeteknik und galvanische Abscheidung, Auflösungsverbesserung: Excimerlaser-Lichtquelle, Immersions- und Phasenkontrast-Lithographie, Elektronenstrahl-Lithographie, Röntgen-Lithographie, EUV-Lithographie, Ionenstrahl-Lithographie, nasschemisches Ätzen: isotrop und anisotrop, Eckenunterätzung, Kompensationsmasken und Ätzstoppverfahren; Trockenätzen: plasmaunterstütztes Ätzen, Rückspütern, Ionenätzen, chemisches Trockenätzen, RIE, Seitenwandpassivierung)</li> <li>• Prozess-Integration (CMOS-Prozess, Bipolar-Prozess)</li> <li>• A u f b a u - und Verbindungstechnik (Integrationshierarchien, Gehäuse, Chip-on-Board, Chip-Montagetechnik, Verbindungstechniken: Drahtbonden, TAB und Flipchip-Technik, Waferlevel-Package, 3D-Stacking)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>S.K. Ghandi: VLSI Fabrication principles - Silicon and Gallium Arsenide, John Wiley &amp; Sons</p> <p>S.M. Sze: Semiconductor Devices - Physics and Technology, John Wiley &amp; Sons</p> <p>U. Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie, Teubner Verlag</p> <p>H. Beneking: Halbleitertechnologie - Eine Einführung in die Prozeßtechnik von Silizium und III-V-Verbindungen, Teubner Verlag</p> <p>K. Schade: Mikroelektroniktechnologie, Verlag Technik Berlin</p> <p>S. Campbell: The Science and Engineering of Microelectronic Fabrication, Oxford University Press</p> <p>P. van Zant: Microchip Fabrication - A Practical Guide to Semiconductor Processing, McGraw-Hill</p>

Lehrveranstaltung L0723: Halbleitertechnologie	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0747: Microsystem Design			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Mikrosystementwurf (L0683)		Vorlesung	2            3
Mikrosystementwurf (L0684)		Laborpraktikum	3            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Manfred Kasper		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Mathematical Calculus, Linear Algebra, Microsystem Engineering		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	The students know about the most important and most common simulation and design methods used in microsystem design. The scientific background of finite element methods and the basic theory of these methods are known.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to apply simulation methods and commercial simulators in a goal oriented approach to complex design tasks. Students know to apply the theory in order achieve estimates of expected accuracy and can judge and verify the correctness of results. Students are able to develop a design approach even if only incomplete information about material data or constraints are available. Student can make use of approximate and reduced order models in a preliminary design stage or a system simulation.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to solve specific problems alone or in a group and to present the results accordingly. Students can develop and explain their solution approach and subdivide the design task to subproblems which are solved separately by group members.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to acquire particular knowledge using specialized literature and to integrate and associate this knowledge with other fields.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0683: Microsystem Design</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Kasper
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Finite difference methods</p> <p>Approximation error</p> <p>Finite element method</p> <p>Order of convergence</p> <p>Error estimation, mesh refinement</p> <p>Makromodeling</p> <p>Reduced order modeling</p> <p>Black-box models</p> <p>System identification</p> <p>Multi-physics systems</p> <p>System simulation</p> <p>Levels of simulation, network simulation</p> <p>Transient problems</p> <p>Non-linear problems</p> <p>Introduction to Comsol</p> <p>Application to thermal, electric, electromagnetic, mechanical and fluidic problems</p>
<b>Literatur</b>	<p>M. Kasper: Mikrosystementwurf, Springer (2000)</p> <p>S. Senturia: Microsystem Design, Kluwer (2001)</p>

<b>Lehrveranstaltung L0684: Microsystem Design</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Kasper
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1131: Technischer Ergänzungskurs für IMPMM - Bereich TUHH (laut FSPO)			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlegende Kenntnisse in Elektrotechnik, Physik, Halbleiterbauelemente, Software und Mathematik auf Bachelor-Niveau.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>  <i>Fertigkeiten</i>  <b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>  <i>Selbstständigkeit</i>	<p>Da dieses Modul aus dem Modul-Katalog der TUHH frei gewählt werden kann, richtet sich die Fachkompetenz nach dem jeweils gewählten Fach.</p> <p>Da dieses Modul aus dem Modul-Katalog der TUHH frei gewählt werden kann, richten sich die zu erwerbenden Fertigkeiten nach dem jeweils gewählten Fach.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studierende können mit einem der mehreren Partnern mit unterschiedlichem fachlichen Hintergrund effektiv zusammenarbeiten.</li> <li>• Studierende können selbständig alleine oder in einer kleinen Gruppe fachliche Probleme lösen und Fachfragen beantworten.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

Modul M1130: Projektarbeit IMPMM			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	NN		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Gute Kenntnisse in dem Design elektronischer Schaltkreise, im Aufbau von Mikroprozessorsystemen und für Signalverarbeitung sowie in der Handhabung von Softwarepaketen zur Simulation von elektrischen und physikalischen Vorgängen.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studentin oder der Student kann sich in einem wissenschaftliches Teilgebiet selbständig vertiefte Kenntnisse erarbeiten und in diesem Teilgebiet selbständig Lösungswege für wissenschaftliche Fragestellungen benennen.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studentin oder der Student ist in der Lage, wissenschaftliche Problemstellungen zu beschreiben und die selbständig erarbeiteten Lösungswege in einer gut strukturierten Form umzusetzen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Die Studentin oder der Student kann sich in kleine Teams von Wissenschaftlern integrieren und die von ihr oder ihm erarbeiteten Lösungsvorschläge im Team diskutieren. Sie oder er ist in der Lage, ihre oder seine Ergebnisse in klarer und gut strukturierter Form zu präsentieren.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studentin oder der Student kann wissenschaftliche Arbeiten zeitgerecht durchführen und die Ergebnisse in ausführlicher und verständlicher Form dokumentieren. Sie oder er ist in der Lage, mögliche Probleme rechtzeitig zu erkennen und Lösungsvorschläge zu erarbeiten.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 480, Präsenzstudium 0		
<b>Leistungspunkte</b>	16		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Studienarbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	laut FSPO		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Pflicht		



Modul M1591: Seminar for IMPMM			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>
Seminar für IMPMM (L2428)		Seminar	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basics from the field of the seminar		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Students can explain the most important facts and relationships of a specific topic from the field of the seminar.		
<i>Wissen</i>	Students are able to compile a specified topic from the field of the seminar and to give a clear, structured and comprehensible presentation of the subject. They can comply with a given duration of the presentation. They can write in English a summary including illustrations that contains the most important results, relationships and explanations of the subject.		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	Students are able to adapt their presentation with respect to content, detailedness, and presentation style to the composition and previous knowledge of the audience. They can answer questions from the audience in a curt and precise manner.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to autonomously carry out a literature research concerning a given topic. They can independently evaluate the material. They can self-reliantly decide which parts of the material should be included in the presentation.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28		
<b>Leistungspunkte</b>	2		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	15 Minuten Vortrag + 5-10 Minuten Diskussion + 2 Seiten schriftliche Zusammenfassung		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Pflicht		

Lehrveranstaltung L2428: Seminar for IMPMM	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Hoc Khiem Trieu
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Prepare, present, and discuss talks about recent topics from the field of semiconductors. The presentations must be given in English.</p> <p><b>Evaluation Criteria:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• understanding of subject, discussion, response to questions</li> <li>• structure and logic of presentation (clarity, precision)</li> <li>• coverage of the topic, selection of subjects presented</li> <li>• linguistic presentation (clarity, comprehensibility)</li> <li>• visual presentation (clarity, comprehensibility)</li> <li>• handout (see below)</li> <li>• compliance with timing requirement.</li> </ul> <p><b>Handout:</b></p> <p>A printed handout (short abstract) of your presentation in English language is mandatory. This should not be longer than two pages A4, and include the most important results, conclusions, explanations and diagrams.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Aktuelle Veröffentlichungen zu dem gewählten Thema.</p> <p>Recent publications of the selected topics.</p>

## Fachmodule der Vertiefung Communication and Signal Processing

In der Vertiefungsrichtung Communication and Signal Processing erlernen die Studierenden sowohl die physikalischen und technischen Grundlagen moderner drahtgebundener und drahtloser Kommunikationssysteme als auch die Realisierung von technischen Ausführungsformen. Sie haben die Möglichkeit, ihre Kenntnisse in Richtung verschiedener Schwerpunkte, wie zum Beispiel Systeme für Audio- oder Videosignalprozessierung, auszubauen. Die Studierenden verstehen die Grundkonzepte dieser Systeme und können deren Grenzen erkennen. Mit Hilfe dieses Wissens können sie Verbesserungspotenzial identifizieren und Vorschläge für deren konkrete Umsetzung erarbeiten.

Alle Studierende müssen aus dieser Vertiefungsrichtung Lehrveranstaltungen mit einem Umfang von insgesamt 18 Leistungspunkten belegen.

Modul M0836: Communication Networks			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Ausgewählte Themen der Kommunikationsnetze (L0899)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              2
Kommunikationsnetze (L0897)		Vorlesung	2              2
Übung Kommunikationsnetze (L0898)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1              2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Andreas Timm-Giel		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamental stochastics</li> <li>• Basic understanding of computer networks and/or communication technologies is beneficial</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Students are able to describe the principles and structures of communication networks in detail. They can explain the formal description methods of communication networks and their protocols. They are able to explain how current and complex communication networks work and describe the current research in these examples.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to evaluate the performance of communication networks using the learned methods. They are able to work out problems themselves and apply the learned methods. They can apply what they have learned autonomously on further and new communication networks.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to define tasks themselves in small teams and solve these problems together using the learned methods. They can present the obtained results. They are able to discuss and critically analyse the solutions.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to obtain the necessary expert knowledge for understanding the functionality and performance capabilities of new communication networks independently.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	1,5 Stunden Kolloquium mit je drei Prüflingen, also ca. 30 min je Prüfling. Inhalt des Kolloquiums sind die Poster der vorhergehenden Postersession sowie die Lehrinhalte.		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Avionik und eingebettete Systeme: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Netze: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0899: Selected Topics of Communication Networks	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Andreas Timm-Giel
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Example networks selected by the students will be researched on in a PBL course by the students in groups and will be presented in a poster session at the end of the term.
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• see lecture</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0897: Communication Networks</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Andreas Timm-Giel, Dr.-Ing. Koojana Kuladinithi
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skript des Instituts für Kommunikationsnetze</li> <li>• Tannenbaum, Computernetzwerke, Pearson-Studium</li> </ul> <p>Further literature is announced at the beginning of the lecture.</p>

<b>Lehrveranstaltung L0898: Communication Networks Exercise</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Andreas Timm-Giel
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Part of the content of the lecture Communication Networks are reflected in computing tasks in groups, others are motivated and addressed in the form of a PBL exercise.
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• announced during lecture</li> </ul>

Modul M0710: Hochfrequenztechnik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Hochfrequenztechnik (L0573)	Vorlesung	2	3
Hochfrequenztechnik (L0574)	Hörsaalübung	2	2
Hochfrequenztechnik (L0575)	Laborpraktikum	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Kölpin		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Nachrichtentechnik, Halbleiterelektronik und elektronischer Schaltungen, Grundkenntnisse der Wellenausbreitung aus den Vorlesungen Leitungstheorie und Theoretische Elektrotechnik.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden können Phänomene bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in unterschiedlichen Frequenzbändern erklären. Sie können Übertragungssysteme und die darin enthaltenen Komponenten beschreiben. Sie können einen Überblick über unterschiedliche Antennentypen geben und die grundlegenden Kenngrößen von Antennen beschreiben. Sie können das Rauschen von linearen Schaltungen erklären, Schaltungsvarianten anhand von Kenngrößen vergleichen und für unterschiedliche Situationen die jeweils am besten geeignete wählen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage, die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen zu berechnen. Sie können komplette Übertragungssysteme analysieren und einfache Empfängerschaltungen auslegen. Sie können die Eigenschaften und Kenngrößen von einfachen Antennen und Gruppenstrahlern anhand der Geometrie berechnen. Sie können das Rauschen von Empfängern und den Signal-zu-Rausch-Abstand von kompletten Übertragungssystemen berechnen. Die Studierenden können die erlernte Theorie in Praktikumsversuchen anwenden.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden führen während des Praktikums in Gruppen versuche durch. Sie dokumentieren, diskutieren und bewerten die Ergebnisse gemeinsam.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind fähig das erlernte Wissen mit ihren Vorkenntnissen aus anderen Vorlesungen zu verknüpfen. Sie können unter Anleitung für die Lösung spezifischer Probleme notwendige Daten aus externen Quellen, wie Normen oder Literatur, extrahieren und anwenden. Sie sind in der Lage eigenständig und mit Hilfe der Praktikumsdrucke ihr Wissen in die Praxis umzusetzen.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Kernqualifikation: Pflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0573: Hochfrequenztechnik</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Arne Jacob
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antennen: Berechnungsgrundlagen - Kenngrößen - Verschiedene Antennenformen</li> <li>- Funkwellenausbreitung</li> <li>- Sender: Leistungserzeugung mit Röhren - Sendeverstärker</li> <li>- Empfänger: Vorverstärker - Überlagerungsempfang - Empfangsempfindlichkeit - Rauschen</li> <li>- Ausgewählte Systembeispiele</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>H.-G. Unger, „Elektromagnetische Theorie für die Hochfrequenztechnik, Teil I“, Hüthig, Heidelberg, 1988</p> <p>H.-G. Unger, „Hochfrequenztechnik in Funk und Radar“, Teubner, Stuttgart, 1994</p> <p>E. Voges, „Hochfrequenztechnik - Teil II: Leistungsröhren, Antennen und Funkübertragung, Funk- und Radartechnik“, Hüthig, Heidelberg, 1991</p> <p>E. Voges, „Hochfrequenztechnik“, Hüthig, Bonn, 2004</p> <p>C.A. Balanis, „Antenna Theory“, John Wiley and Sons, 1982</p> <p>R. E. Collin, „Foundations for Microwave Engineering“, McGraw-Hill, 1992</p> <p>D. M. Pozar, „Microwave and RF Design of Wireless Systems“, John Wiley and Sons, 2001</p> <p>D. M. Pozar, „Microwave Engineerin“, John Wiley and Sons, 2005</p>

<b>Lehrveranstaltung L0574: Hochfrequenztechnik</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Arne Jacob
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0575: Hochfrequenztechnik</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Arne Jacob
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0637: Advanced Concepts of Wireless Communications				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Weiterführende Konzepte der drahtlosen Kommunikation (L0297)		Vorlesung	3	4
Weiterführende Konzepte der drahtlosen Kommunikation (L0298)		Hörsaalübung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Rainer Grünheid			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture "Signals and Systems"</li> <li>• Lecture "Fundamentals of Telecommunications and Stochastic Processes"</li> <li>• Lecture "Digital Communications"</li> </ul>			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Students are able to explain the general as well as advanced principles and techniques that are applied to wireless communications. They understand the properties of wireless channels and the corresponding mathematical description. Furthermore, students are able to explain the physical layer of wireless transmission systems. In this context, they are proficient in the concepts of multicarrier transmission (OFDM), modulation, error control coding, channel estimation and multi-antenna techniques (MIMO). Students can also explain methods of multiple access. On the example of contemporary communication systems (UMTS, LTE) they can put the learnt content into a larger context.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Using the acquired knowledge, students are able to understand the design of current and future wireless systems. Moreover, given certain constraints, they can choose appropriate parameter settings of communication systems. Students are also able to assess the suitability of technical concepts for a given application.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Students can jointly elaborate tasks in small groups and present their results in an adequate fashion.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to extract necessary information from given literature sources and put it into the perspective of the lecture. They can continuously check their level of expertise with the help of accompanying measures (such as online tests, clicker questions, exercise tasks) and, based on that, to steer their learning process accordingly. They can relate their acquired knowledge to topics of other lectures, e.g., "Fundamentals of Communications and Stochastic Processes" and "Digital Communications".</p>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70			
<b>Leistungspunkte</b>	6			
<b>Studienleistung</b>	Keine			
<b>Prüfung</b>	Klausur			
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 Minuten; Umfang: Inhalt von Vorlesung und Übung			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L0297: Advanced Concepts of Wireless Communications	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Rainer Grünheid
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>The lecture deals with technical principles and related concepts of mobile communications. In this context, the main focus is put on the physical and data link layer of the ISO-OSI stack.</p> <p>In the lecture, the transmission medium, i.e., the mobile radio channel, serves as the starting point of all considerations. The characteristics and the mathematical descriptions of the radio channel are discussed in detail. Subsequently, various physical layer aspects of wireless transmission are covered, such as channel coding, modulation/demodulation, channel estimation, synchronization, and equalization. Moreover, the different uses of multiple antennas at the transmitter and receiver, known as MIMO techniques, are described. Besides these physical layer topics, concepts of multiple access schemes in a cellular network are outlined.</p> <p>In order to illustrate the above-mentioned technical solutions, the lecture will also provide a system view, highlighting the basics of some contemporary wireless systems, including UMTS/HSPA, LTE, LTE Advanced, and WiMAX.</p>
<b>Literatur</b>	<p>John G. Proakis, Masoud Salehi: Digital Communications. 5th Edition, Irwin/McGraw Hill, 2007</p> <p>David Tse, Pramod Viswanath: Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge, 2005</p> <p>Bernard Sklar: Digital Communications: Fundamentals and Applications. 2nd Edition, Pearson, 2013</p> <p>Stefani Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker: LTE - The UMTS Long Term Evolution. Second Edition, Wiley, 2011</p>

Lehrveranstaltung L0298: Advanced Concepts of Wireless Communications	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Rainer Grünheid
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0738: Digital Audio Signal Processing			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Digitale Audiosignalverarbeitung (L0650)		Vorlesung	3              4
Digitale Audiosignalverarbeitung (L0651)		Hörsaalübung	1              2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Udo Zölzer		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Signals and Systems		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die grundlegenden Verfahren und Methoden der digitalen Audiosignalverarbeitung erklären. Sie können die wesentlichen physikalischen Effekte bei der Sprach- und Audiosignalverarbeitung erläutern und in Kategorien einordnen. Sie können einen Überblick der numerischen Methoden und messtechnischen Charakterisierung von Algorithmen zur Audiosignalverarbeitung geben. Sie können die erarbeiteten Algorithmen auf weitere Anwendungen im Bereich der Informationstechnik und Informatik abstrahieren.		
<i>Fertigkeiten</i>	The students will be able to apply methods and techniques from audio signal processing in the fields of mobile and internet communication. They can rely on elementary algorithms of audio signal processing in form of Matlab code and interactive JAVA applets. They can study parameter modifications and evaluate the influence on human perception and technical applications in a variety of applications beyond audio signal processing. Students can perform measurements in time and frequency domain in order to give objective and subjective quality measures with respect to the methods and applications.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	The students can work in small groups to study special tasks and problems and will be enforced to present their results with adequate methods during the exercise.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students will be able to retrieve information out of the relevant literature in the field and put it into the context of the lecture. They can relate their gathered knowledge and relate them to other lectures (signals and systems, digital communication systems, image and video processing, and pattern recognition). They will be prepared to understand and communicate problems and effects in the field audio signal processing.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	45 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht		



<b>Lehrveranstaltung L0650: Digital Audio Signal Processing</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Udo Zölzer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction (Studio Technology, Digital Transmission Systems, Storage Media, Audio Components at Home)</li> <li>• Quantization (Signal Quantization, Dither, Noise Shaping, Number Representation)</li> <li>• AD/DA Conversion (Methods, AD Converters, DA Converters, Audio Processing Systems, Digital Signal Processors, Digital Audio Interfaces, Single-Processor Systems, Multiprocessor Systems)</li> <li>• Equalizers (Recursive Audio Filters, Nonrecursive Audio Filters, Multi-Complementary Filter Bank)</li> <li>• Room Simulation (Early Reflections, Subsequent Reverberation, Approximation of Room Impulse Responses)</li> <li>• Dynamic Range Control (Static Curve, Dynamic Behavior, Implementation, Realization Aspects)</li> <li>• Sampling Rate Conversion (Synchronous Conversion, Asynchronous Conversion, Interpolation Methods)</li> <li>• Data Compression (Lossless Data Compression, Lossy Data Compression, Psychoacoustics, ISO-MPEG1 Audio Coding)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>- U. Zölzer, Digitale Audiosignalverarbeitung, 3. Aufl., B.G. Teubner, 2005 .</p> <p>- U. Zölzer, Digitale Audio Signal Processing, 2nd Edition, J. Wiley &amp; Sons, 2005.</p> <p>- U. Zölzer (Ed), Digital Audio Effects, 2nd Edition, J. Wiley &amp; Sons, 2011.</p>

<b>Lehrveranstaltung L0651: Digital Audio Signal Processing</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Udo Zölzer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0552: 3D Computer Vision			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
3D Computer Vision (L0129)		Vorlesung	2            3
3D Computer Vision (L0130)		Gruppenübung	2            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Rolf-Rainer Grigat		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge of the modules Digital Image Analysis and Pattern Recognition and Data Compression are used in the practical task</li> <li>• Linear Algebra (including PCA, SVD), nonlinear optimization (Levenberg-Marquardt), basics of stochastics and basics of Matlab are required and cannot be explained in detail during the lecture.</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Students can explain and describe the field of projective geometry.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Students are capable of</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementing an exemplary 3D or volumetric analysis task</li> <li>• Using highly sophisticated methods and procedures of the subject area</li> <li>• Identifying problems and</li> <li>• Developing and implementing creative solution suggestions.</li> </ul> <p>With assistance from the teacher students are able to link the contents of the three subject areas (modules)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digital Image Analysis</li> <li>• Pattern Recognition and Data Compression and</li> <li>• 3D Computer Vision</li> </ul> <p>in practical assignments.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Students can collaborate in a small team on the practical realization and testing of a system to reconstruct a three-dimensional scene or to evaluate volume data sets.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to solve simple tasks independently with reference to the contents of the lectures and the exercise sets.</p> <p>Students are able to solve detailed problems independently with the aid of the tutorial's programming task.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 Minuten, Umfang Vorlesung und Materialien im StudIP		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0129: 3D Computer Vision	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Rolf-Rainer Grigat
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projective Geometry and Transformations in 2D und 3D in homogeneous coordinates</li> <li>• Projection matrix, calibration</li> <li>• Epipolar Geometry, fundamental and essential matrices, weak calibration, 5 point algorithm</li> <li>• Homographies 2D and 3D</li> <li>• Trifocal Tensor</li> <li>• Correspondence search</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Skriptum Grigat/Wenzel</b></li> <li>• Hartley, Zisserman: Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge 2003.</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0130: 3D Computer Vision	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Rolf-Rainer Grigat
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0677: Digital Signal Processing and Digital Filters			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Digitale Signalverarbeitung und Digitale Filter (L0446)		Vorlesung	3              4
Digitale Signalverarbeitung und Digitale Filter (L0447)		Hörsaalübung	2              2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Gerhard Bauch		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematics 1-3</li> <li>• Signals and Systems</li> <li>• Fundamentals of signal and system theory as well as random processes.</li> <li>• Fundamentals of spectral transforms (Fourier series, Fourier transform, Laplace transform)</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> The students know and understand basic algorithms of digital signal processing. They are familiar with the spectral transforms of discrete-time signals and are able to describe and analyse signals and systems in time and image domain. They know basic structures of digital filters and can identify and assess important properties including stability. They are aware of the effects caused by quantization of filter coefficients and signals. They are familiar with the basics of adaptive filters. They can perform traditional and parametric methods of spectrum estimation, also taking a limited observation window into account.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> The students are able to apply methods of digital signal processing to new problems. They can choose and parameterize suitable filter structures. In particular, they can design adaptive filters according to the minimum mean squared error (MMSE) criterion and develop an efficient implementation, e.g. based on the LMS or RLS algorithm. Furthermore, the students are able to apply methods of spectrum estimation and to take the effects of a limited observation window into account.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> The students can jointly solve specific problems.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> The students are able to acquire relevant information from appropriate literature sources. They can control their level of knowledge during the lecture period by solving tutorial problems, software tools, clicker system.</p>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0446: Digital Signal Processing and Digital Filters	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerhard Bauch
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transforms of discrete-time signals:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Discrete-time Fourier Transform (DTFT)</li> <li>◦ Discrete Fourier-Transform (DFT), Fast Fourier Transform (FFT)</li> <li>◦ Z-Transform</li> </ul> </li> <li>• Correspondence of continuous-time and discrete-time signals, sampling, sampling theorem</li> <li>• Fast convolution, Overlap-Add-Method, Overlap-Save-Method</li> <li>• Fundamental structures and basic types of digital filters</li> <li>• Characterization of digital filters using pole-zero plots, important properties of digital filters</li> <li>• Quantization effects</li> <li>• Design of linear-phase filters</li> <li>• Fundamentals of stochastic signal processing and adaptive filters                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ MMSE criterion</li> <li>◦ Wiener Filter</li> <li>◦ LMS- and RLS-algorithm</li> </ul> </li> <li>• Traditional and parametric methods of spectrum estimation</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>K.-D. Kammeyer, K. Kroschel: Digitale Signalverarbeitung. Vieweg Teubner.</p> <p>V. Oppenheim, R. W. Schaffer, J. R. Buck: Zeitdiskrete Signalverarbeitung. Pearson StudiumA. V.</p> <p>W. Hess: Digitale Filter. Teubner.</p> <p>Oppenheim, R. W. Schaffer: Digital signal processing. Prentice Hall.</p> <p>S. Haykin: Adaptive filter theory.</p> <p>L. B. Jackson: Digital filters and signal processing. Kluwer.</p> <p>T.W. Parks, C.S. Burrus: Digital filter design. Wiley.</p>

Lehrveranstaltung L0447: Digital Signal Processing and Digital Filters	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Gerhard Bauch
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0550: Digital Image Analysis			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Digitale Bildanalyse (L0126)	Vorlesung	4	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Rolf-Rainer Grigat		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	System theory of one-dimensional signals (convolution and correlation, sampling theory, interpolation and decimation, Fourier transform, linear time-invariant systems), linear algebra (Eigenvalue decomposition, SVD), basic stochastics and statistics (expectation values, influence of sample size, correlation and covariance, normal distribution and its parameters), basics of Matlab, basics in optics		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>	Students can <ul style="list-style-type: none"> <li>Describe imaging processes</li> <li>Depict the physics of sensorics</li> <li>Explain linear and non-linear filtering of signals</li> <li>Establish interdisciplinary connections in the subject area and arrange them in their context</li> <li>Interpret effects of the most important classes of imaging sensors and displays using mathematical methods and physical models.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to <ul style="list-style-type: none"> <li>Use highly sophisticated methods and procedures of the subject area</li> <li>Identify problems and develop and implement creative solutions.</li> </ul> Students can solve simple arithmetical problems relating to the specification and design of image processing and image analysis systems. Students are able to assess different solution approaches in multidimensional decision-making areas. Students can undertake a prototypical analysis of processes in Matlab.		
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>	k.A.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students can solve image analysis tasks independently using the relevant literature.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	60 Minuten, Umfang Vorlesung und Materialien im StudIP		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0126: Digital Image Analysis</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	4
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
<b>Dozenten</b>	Prof. Rolf-Rainer Grigat
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Image representation, definition of images and volume data sets, illumination, radiometry, multispectral imaging, reflectivities, shape from shading</li> <li>• Perception of luminance and color, color spaces and transforms, color matching functions, human visual system, color appearance models</li> <li>• imaging sensors (CMOS, CCD, HDR, X-ray, IR), sensor characterization(EMVA1288), lenses and optics</li> <li>• spatio-temporal sampling (interpolation, decimation, aliasing, leakage, moiré, flicker, apertures)</li> <li>• features (filters, edge detection, morphology, invariance, statistical features, texture)</li> <li>• optical flow ( variational methods, quadratic optimization, Euler-Lagrange equations)</li> <li>• segmentation (distance, region growing, cluster analysis, active contours, level sets, energy minimization and graph cuts)</li> <li>• registration (distance and similarity, variational calculus, iterative closest points)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Bredies/Lorenz, Mathematische Bildverarbeitung, Vieweg, 2011</p> <p>Wedel/Cremers, Stereo Scene Flow for 3D Motion Analysis, Springer 2011</p> <p>Handels, Medizinische Bildverarbeitung, Vieweg, 2000</p> <p>Pratt, Digital Image Processing, Wiley, 2001</p> <p>Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, 1989</p>

**Fachmodule der Vertiefung Embedded Systems**

Modul M0791: Rechnerarchitektur			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Rechnerarchitektur (L0793)	Vorlesung	2	3
Rechnerarchitektur (L0794)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	2
Rechnerarchitektur (L1864)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Heiko Falk		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Modul "Technische Informatik"		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> In diesem Modul werden fortgeschrittene Konzepte der Rechnerarchitektur vorgestellt. Am Anfang steht ein breiter Überblick über mögliche Programmiermodelle, wie sie für Universalrechner aber auch für spezielle Maschinen (z.B. Signalprozessoren) entwickelt wurden. Anschließend werden prinzipielle Aspekte der Mikroarchitektur von Prozessoren behandelt. Der Schwerpunkt liegt hierbei insbesondere auf dem sogenannten Pipelining und den in diesem Zusammenhang angewandten Methoden zur Beschleunigung der Befehlsausführung. Die Studierenden lernen Mechanismen zum dynamischen Scheduling, zur Sprungvorhersage, zu superskalaren Architekturen und zu Speicher-Hierarchien kennen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage, den Aufbau eines Prozessors zu erklären. Sie kennen die verschiedenen Architekturprinzipien und Programmiermodelle. Die Studierenden untersuchen verschiedene Strukturen von Pipeline-Architekturen und sind in der Lage, deren Konzepte zu erklären und im Hinblick auf Kriterien wie Performance und Energieeffizienz zu analysieren. Sie bewerten unterschiedliche Speicherarchitekturen, kennen parallele Rechnerarchitekturen und können zwischen Befehls- und Datenparallelität unterscheiden.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, ähnliche Aufgaben alleine oder in einer Gruppe zu bearbeiten und die Resultate geeignet zu präsentieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, sich Teilbereiche des Fachgebietes anhand von Fachliteratur selbstständig zu erarbeiten, das erworbene Wissen zusammenzufassen, zu präsentieren und es mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen zu verknüpfen.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Nein	15 %	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 Min., Vorlesungsstoff + 4 Testate zur PBL "Rechnerarchitektur"		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Avionik und eingebettete Systeme: Wahlpflicht General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Informatik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Informatik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		



Lehrveranstaltung L0793: Rechnerarchitektur	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Heiko Falk
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung</li> <li>• Grundlagen von VHDL</li> <li>• Programmiermodelle</li> <li>• Realisierung elementarer Datentypen</li> <li>• Dynamisches Scheduling</li> <li>• Sprungvorhersage</li> <li>• Superskalare Maschinen</li> <li>• Speicher-Hierarchien</li> </ul> <p>Die Gruppenübungen vertiefen die Vorlesungsinhalte durch Bearbeiten und Besprechen von Übungsblättern und dienen somit zur Klausur-Vorbereitung. Der praktische Umgang mit Fragestellungen aus der Rechnerarchitektur wird in der FPGA-basierten PBL zur Rechnerarchitektur vermittelt, deren Teilnahme verpflichtend ist.</p>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Patterson, J. Hennessy. Rechnerorganisation und -entwurf. Elsevier, 2005.</li> <li>• A. Tanenbaum, J. Goodman. Computerarchitektur. Pearson, 2001.</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0794: Rechnerarchitektur	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Heiko Falk
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L1864: Rechnerarchitektur	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Heiko Falk
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0924: Software für Eingebettete Systeme			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Software für Eingebettete Systeme (L1069)	Vorlesung	2	3
Software für Eingebettete Systeme (L1070)	Gruppenübung	3	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Bernd-Christian Renner		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr gute Kenntnisse und Erfahrung in Programmiersprache C</li> <li>• Grundkenntnisse in Softwaretechnik</li> <li>• Prinzipielles Verständnis von Assembler Sprachen</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Studierende können die grundlegende Prinzipien und Vorgehensweisen für die Erstellung von Software für eingebettete Systeme erklären. Sie sind in der Lage, ereignisbasierte Programmier Techniken mittels Interrupts zu beschreiben. Sie kennen den Aufbau und Funktion eines konkreten Mikrocontrollers. Die Teilnehmer sind in der Lage, Anforderungen an Echtzeitsysteme zu erläutern. Sie können mindestens drei Scheduling Algorithmen für Echtzeitbetriebssysteme erläutern (einschließlich Vor- und Nachteile)</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Studierende erstellen interrupt-basierte Programme für einen konkreten Mikrocontroller. Sie erstellen und benutzen einen preemptiven scheduler. Sie setzen periphere Komponenten (Timer, ADCs, EEPROM) für komplexe Aufgaben eingebetteter System ein. Für den Anschluss externer Komponenten setzen sie serielle Protokolle ein.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	<p>Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht</p> <p>Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht</p> <p>Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht</p> <p>Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Software: Wahlpflicht</p> <p>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht</p> <p>Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht</p> <p>Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht</p>		

Lehrveranstaltung L1069: Software für Eingebettete Systeme	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Bernd-Christian Renner
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• General-Purpose Processors</li> <li>• Programming the Atmel AVR</li> <li>• Interrupts</li> <li>• C für Embedded Systems</li> <li>• Standard Single Purpose Processors: Peripherals</li> <li>• Finite-State Machines</li> <li>• Speicher</li> <li>• Betriebssystem für Eingebettete Systeme</li> <li>• Echtzeit Eingebettete Systeme</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Embedded System Design, F. Vahid and T. Givargis, John Wiley</li> <li>2. Programming Embedded Systems: With C and Gnu Development Tools, M. Barr and A. Massa, O'Reilly</li> <li>3. C und C++ für Embedded Systems, F. Bollow, M. Homann, K. Köhn, MITP</li> <li>4. The Art of Designing Embedded Systems, J. Ganssle, Newnes</li> <li>5. Mikrocomputertechnik mit Controllern der Atmel AVR-RISC-Familie, G. Schmitt, Oldenbourg</li> <li>6. Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software, E. White, O'Reilly</li> </ol>

Lehrveranstaltung L1070: Software für Eingebettete Systeme	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Bernd-Christian Renner
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Entwurf von Dependable Systems (L2000)		Vorlesung	2            3
Entwurf von Dependable Systems (L2001)		Gruppenübung	2            3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Görschwin Fey		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlegende Kenntnisse zu Datenstrukturen und Algorithmen		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>	<p>Im Folgenden wird "Dependable" als Zusammenfassung von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit, Sicherheit (Safety &amp; Security) verwendet.</p> <p>Kenntnis von Ansätzen zum Entwurf von Dependable Systems, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Strukturelle Lösungen wie z.B. Modular Redundancy</li> <li>• Algorithmische Lösungen wie z.B. Behandlung Byzantinischer Fehler, Checkpointing, etc.</li> </ul> <p>Kenntnis von Methoden zur Analyse der Dependability von Systemen</p>		
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Fähigkeit zum Entwurf von Dependable Systems durch Implementierung der obigen Ansätze.</p> <p>Fähigkeit zur Analyse der Dependability von Systemen durch Anwendung der obigen Analysemethoden.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die jeweiligen Konzepte diskutieren und erläutern sowie</li> <li>• die Lösungen mündlich darstellen.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>Studierende erlernen mittels Zusatzmaterial selbständig vertiefende Zusammenhänge der Konzepte aus der Vorlesung und erweiterte Lösungsverfahren.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b> <b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung Die Lösung einer Aufgabe ist Zulassungsvoraussetzung für die Prüfung. Die Aufgabe wird in Vorlesung und Übung definiert.
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	<p>Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht</p> <p>Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht</p> <p>Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht</p> <p>Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht</p>		

Lehrveranstaltung L2000: Entwurf von Dependable Systems	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Görschwin Fey
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Beschreibung</p> <p>Der Begriff „Dependability“ umfasst verschiedene Aspekte eines Systems. Dies sind typischer Weise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuverlässigkeit</li> <li>• Verfügbarkeit</li> <li>• Wartbarkeit</li> <li>• Sicherheit - Safety &amp; Security</li> </ul> <p>Damit ist Dependability ein zentraler Aspekt, der früh im Systementwurf betrachtet werden muss. Dies gilt für Software, Eingebettete Systeme wie auch umfassende Cyber-Physical Systems.</p> <p>Inhalt</p> <p>Das Modul führt grundlegende Konzept zum Entwurf und zur Analyse von Dependable Systems ein. Entwurfsbeispiele dienen dazu, eigene praktische Erfahrung zu sammeln. Ein Schwerpunkt des Moduls liegt im Bereich eingebetteter Systeme. Folgende Gebiete werden betrachtet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung</li> <li>• Fehlertoleranz</li> <li>• Entwurfskonzepte</li> <li>• Analyse von Systemen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L2001: Entwurf von Dependable Systems	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Görschwin Fey
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0803: Embedded Systems			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Eingebettete Systeme (L0805)		Vorlesung	3              4
Eingebettete Systeme (L0806)		Gruppenübung	1              2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Heiko Falk		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Computer Engineering		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Embedded systems can be defined as information processing systems embedded into enclosing products. This course teaches the foundations of such systems. In particular, it deals with an introduction into these systems (notions, common characteristics) and their specification languages (models of computation, hierarchical automata, specification of distributed systems, task graphs, specification of real-time applications, translations between different models).</p> <p>Another part covers the hardware of embedded systems: Sensors, A/D and D/A converters, real-time capable communication hardware, embedded processors, memories, energy dissipation, reconfigurable logic and actuators. The course also features an introduction into real-time operating systems, middleware and real-time scheduling. Finally, the implementation of embedded systems using hardware/software co-design (hardware/software partitioning, high-level transformations of specifications, energy-efficient realizations, compilers for embedded processors) is covered.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> After having attended the course, students shall be able to realize simple embedded systems. The students shall realize which relevant parts of technological competences to use in order to obtain a functional embedded systems. In particular, they shall be able to compare different models of computations and feasible techniques for system-level design. They shall be able to judge in which areas of embedded system design specific risks exist.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Students are able to solve similar problems alone or in a group and to present the results accordingly.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to acquire new knowledge from specific literature and to associate this knowledge with other classes.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja              10 %	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 Minuten, Inhalte der Vorlesung und Übungen		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Wahlpflicht Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Informatik: Pflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Engineering Science: Vertiefung Mechatronics: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Avionik und eingebettete Systeme: Wahlpflicht General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Informatik: Wahlpflicht General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Mechatronics: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0805: Embedded Systems	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Heiko Falk
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction</li> <li>• Specifications and Modeling</li> <li>• Embedded/Cyber-Physical Systems Hardware</li> <li>• System Software</li> <li>• Evaluation and Validation</li> <li>• Mapping of Applications to Execution Platforms</li> <li>• Optimization</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peter Marwedel. Embedded System Design - Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems. 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, 2012., Springer, 2012.</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0806: Embedded Systems	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Heiko Falk
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0925: Digital Circuit Design			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Entwurf Digitaler Schaltungen (L0698)		Vorlesung	2              3
Erweiterter Digitaler Schaltungsentwurf (L0699)		Vorlesung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Kuhl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0698: Digital Circuit Design	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Volkhard Klinger
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L0699: Advanced Digital Circuit Design	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Volkhard Klinger
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	



Modul M0910: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (Praktikum)			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (L1061)	<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
		<b>SWS</b>	3
		<b>LP</b>	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Heiko Falk		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Erfolgreiche Teilnahme am praktischen FPGA-Labor des Moduls "Rechnerarchitektur" ist zwingende Voraussetzung.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> In diesem Modul werden fortgeschrittene Konzepte der Rechnerarchitektur praxisorientiert vermittelt. Mit Hilfe der Hardware-Beschreibungssprache VHDL und rekonfigurierbarer FPGA-Hardware lernen Studierende, wie komplexe Rechensysteme (sog. Systems-on-Chip, SoCs), wie sie insbesondere im Bereich der eingebetteten Systeme anzutreffen sind, in Hardware zu entwerfen sind.</p> <p>Ausgehend von einer einfachen Prozessor-Architektur lernen Studierende, die Verarbeitung von Befehlen durch eine Maschine nach dem Pipelining-Prinzip zu realisieren. Sie implementieren verschiedene Formen Cache-basierter Speicher-Hierarchien, untersuchen Ansätze zum dynamischen Scheduling von Maschinenbefehlen und zur Sprungvorhersage, und konstruieren letztlich ein komplexes MPSoC-System (multi-processor system-on-chip), das aus mehreren Kernen besteht, die über einen gemeinsamen Bus verbunden sind.</p>		
<b>Fertigkeiten</b>	Die Studierenden können analysieren, wie hochspezifische und individuelle Rechner aus einer Sammlung gängiger Einzelkomponenten zusammengesetzt werden. Sie sind in der Lage, die Wechselwirkungen zwischen einem physischen Rechensystem und der darauf ausgeführten Software beurteilen zu können. Sie sollen so in die Lage versetzt werden, Auswirkungen hardwarenaher Entwurfsentscheidungen auf die Leistung des Gesamtsystems abzuschätzen, zu beurteilen und geeignete Optionen vorzuschlagen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, ähnliche Aufgaben alleine oder in einer Gruppe zu bearbeiten und die Resultate geeignet zu präsentieren.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, sich Teilbereiche des Fachgebietes anhand von Fachliteratur selbständig zu erarbeiten, das erworbene Wissen in konkrete Implementierungen komplexer Hardware-Strukturen zu überführen und es mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen zu verknüpfen.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	VHDL-Code und FPGA-basierte Implementierungen		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1061: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 138, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Heiko Falk
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in grundlegende Technologien (FPGAs, MIPS Einzelzyklus-Maschine)</li> <li>• Fließband-Befehlsverarbeitung</li> <li>• Cache-basierte Speicher-Hierarchien</li> <li>• Busse und Bus-Arbitrierung</li> <li>• Multi-Prozessor Chip-Systeme</li> <li>• Optional: Fortgeschrittene Fließband-Konzepte (Dynamisches Scheduling, Sprungvorhersage)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Patterson, J. Hennessy. Rechnerorganisation und -entwurf. Elsevier, 2005.</li> <li>• A. Tanenbaum, J. Goodman. Computerarchitektur. Pearson, 2001.</li> <li>• A. Clements. The Principles of Computer Hardware. 3. Auflage, Oxford University Press, 2000.</li> </ul>

**Fachmodule der Vertiefung Microelectronics Complements**

In der Vertiefungsrichtung Microelectronics Complements erweitern die Studierenden ihr Wissen in Richtung spezieller Anwendungsfelder, wie zum Beispiel die Anwendung von Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik in der Medizintechnik, die Verarbeitung digitaler Signale, dem Entwurf und Design von hochkomplexen integrierten Systemen oder von Netzen für optische Nachrichtenübertragung. Sie verfestigen so ihr theoretisches Wissen durch die Analyse von praktischen Anwendungsbeispielen und verknüpfen es mit den Anforderungen, die technische Realisierungen stellen.

Alle Studierende müssen aus dieser Vertiefungsrichtung Lehrveranstaltungen mit einem Umfang von insgesamt 18 Leistungspunkten belegen.

<b>Modul M0925: Digital Circuit Design</b>			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Entwurf Digitaler Schaltungen (L0698)	Vorlesung	2	3
Erweiterter Digitaler Schaltungsentwurf (L0699)	Vorlesung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Kuhl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i> <i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i> <i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0698: Digital Circuit Design</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Volkhard Klinger
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L0699: Advanced Digital Circuit Design</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Volkhard Klinger
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Modul M1611: Silicon Photonics			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Silizium Photonik (L2408)		Vorlesung	2              4
Silizium Photonik (L2418)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Timo Lipka		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basics in physics, optics, microsystem and semiconductor technology		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	The students know the fundamentals of silicon photonics and about the most important and commonly used materials and fabrication techniques.		
<i>Wissen</i>	Students are able		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• to explain the basic principles of silicon photonics technology and to discuss theoretical and practical aspects</li> <li>• to describe photonic circuit devices and their working principle</li> <li>• to describe the manufacturing of silicon photonic devices and to discuss in details the relevant fabrication processes, process flows and the impact thereof on the fabrication of photonic integrated circuit components</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are capable to		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analyze the feasibility of integrated photonic circuit components</li> <li>• choose appropriate tools and methods to design them</li> <li>• develop process flows for the fabrication</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Students are able to prepare and perform their lab experiments in team work as well as to present and discuss the results in front of audience.		
<i>Sozialkompetenz</i>	none		
<i>Selbstständigkeit</i>	none		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L2408: Silicon Photonics</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Timo Lipka
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction (historical view and trends in der Silicon Photonics)</li> <li>• Fabrication Technology (SOI-Wafer, Deposition, Sputtering and Evaporation, Epitaxy, MOCVD, Lithography)</li> <li>• Planar Waveguide Fundamentals</li> <li>• Optical Materials in silicon Photonics</li> <li>• Waveguide Types (Loss Mechanisms, Dispersion and Polarisation in Waveguides)</li> <li>• Coupling of Silicon Photonic Devices and Systems</li> <li>• Silicon Photonic Circuit Devices and Building Blocks (Passive Devices: Resonators, Interferometers, Mode Converters, Power Splitters, Gratings, Polarizers and Rotators)</li> <li>• Material fundamentals and components for tuning and switching</li> <li>• Integration of active Devices (Laser, Detector, Modulators)</li> <li>• Photonics and Electronics Integration</li> <li>• Photonic Interconnects</li> <li>• Optical Multiplexing</li> <li>• Switch Fabrics and Routers</li> <li>• Silicon Photonics for Sensing</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graham T. Reed, Andrew Knights, Silicon Photonics - An Introduction, John Wiley &amp; Sons Ltd (2004)</li> <li>• Clifford R. Pollocka and Michal Lipson, Integrated Photonics, Springer-Verlag (2003)</li> <li>• Sami Franssila, Introduction to microfabrication, Chichester, West Sussex Wiley (2010)</li> <li>• Dominik G. Rabus, Integrated Ring Resonators: The Compendium, in Springer Series in Optical Sciences (2007)</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L2418: Silicon Photonics</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Timo Lipka
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0921: Electronic Circuits for Medical Applications				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Medizinelektronik (L0696)		Vorlesung	2	3
Medizinelektronik (L1056)		Gruppenübung	1	2
Medizinelektronik (L1408)		Laborpraktikum	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Kuhl			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Fundamentals of electrical engineering			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>				
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain the basic functionality of the information transfer by the central nervous system</li> <li>• Students are able to explain the build-up of an action potential and its propagation along an axon</li> <li>• Students can exemplify the communication between neurons and electronic devices</li> <li>• Students can describe the special features of low-noise amplifiers for medical applications</li> <li>• Students can explain the functions of prostheses, e. g. an artificial hand</li> <li>• Students are able to discuss the potential and limitations of cochlea implants and artificial eyes</li> </ul>			
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can calculate the time dependent voltage behavior of an action potential</li> <li>• Students can give scenarios for further improvement of low-noise and low-power signal acquisition.</li> <li>• Students can develop the block diagrams of prosthetic systems</li> <li>• Students can define the building blocks of electronic systems for an artificial eye.</li> </ul>			
<b>Personale Kompetenzen</b>				
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are trained to solve problems in the field of medical electronics in teams together with experts with different professional background.</li> <li>• Students are able to recognize their specific limitations, so that they can ask for assistance to the right time.</li> <li>• Students can document their work in a clear manner and communicate their results in a way that others can be involved whenever it is necessary</li> </ul>			
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are able to realistically judge the status of their knowledge and to define actions for improvements when necessary.</li> <li>• Students can break down their work in appropriate work packages and schedule their work in a realistic way.</li> <li>• Students can handle the complex data structures of bioelectrical experiments without needing support.</li> <li>• Students are able to act in a responsible manner in all cases and situations of experimental work.</li> </ul>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56			
<b>Leistungspunkte</b>	6			
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	
	Nein	Keiner	Übungsaufgaben	
<b>Prüfung</b>	Klausur			
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Pflicht Medizingenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L0696: Electronic Circuits for Medical Applications	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Market for medical instruments</li> <li>• Membrane potential, action potential, sodium-potassium pump</li> <li>• Information transfer by the central nervous system</li> <li>• Interface tissue - electrode</li> <li>• Amplifiers for medical applications, analog-digital converters</li> <li>• Examples for electronic implants</li> <li>• Artificial eye, cochlea implant</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Kim E. Barret, Susan M. Barman, Scott Boitano and Heddwen L. Brooks</p> <p>Ganong's Review of Medical Physiology, 24nd Edition, McGraw Hill Lange, 2010</p> <p>Tier- und Humanphysiologie: Eine Einführung von Werner A. Müller (Author), Stephan Frings (Author), 657 p., 4. editions, Springer, 2009</p> <p>Robert F. Schmidt (Editor), Hans-Georg Schaible (Editor)</p> <p>Neuro- und Sinnesphysiologie (Springer-Lehrbuch) (Paper back), 488 p., Springer, 2006, 5. Edition, currently online only</p> <p>Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth, Intermediate Physics for Medicine and Biology, Springer, 4th ed., 616 p., 2007</p> <p>Vorlesungen der Universität Heidelberg zur Tier- und Humanphysiologie: <a href="http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/gruvo03.htm">http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/gruvo03.htm</a></p> <p>Internet: <a href="http://butler.cc.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook/">http://butler.cc.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook/</a></p>

Lehrveranstaltung L1056: Electronic Circuits for Medical Applications	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L1408: Electronic Circuits for Medical Applications</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Market for medical instruments</li> <li>• Membrane potential, action potential, sodium-potassium pump</li> <li>• Information transfer by the central nervous system</li> <li>• Interface tissue - electrode</li> <li>• Amplifiers for medical applications, analog-digital converters</li> <li>• Examples for electronic implants</li> <li>• Artificial eye, cochlea implant</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Kim E. Barret, Susan M. Barman, Scott Boitano and Heddwen L. Brooks</p> <p>Ganong's Review of Medical Physiology, 24nd Edition, McGraw Hill Lange, 2010</p> <p>Tier- und Humanphysiologie: Eine Einführung von Werner A. Müller (Author), Stephan Frings (Author), 657 p., 4. editions, Springer, 2009</p> <p>Robert F. Schmidt (Editor), Hans-Georg Schaible (Editor)</p> <p>Neuro- und Sinnesphysiologie (Springer-Lehrbuch) (Paper back), 488 p., Springer, 2006, 5. Edition, currently online only</p> <p>Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth, Intermediate Physics for Medicine and Biology, Springer, 4th ed., 616 p., 2007</p> <p>Vorlesungen der Universität Heidelberg zur Tier- und Humanphysiologie: <a href="http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/gruvoin.htm">http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/gruvoin.htm</a></p> <p>Internet: <a href="http://butler.cc.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook/">http://butler.cc.tut.fi/~malmivuo/bem/bembook/</a></p>

Modul M0769: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren (L0743)	Vorlesung	3	4
EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren (L0744)	Gruppenübung	1	1
EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren (L0745)	Laborpraktikum	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Christian Schuster		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Elektrotechnik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten, Zusammenhänge und Methoden der Elektromagnetischen Verträglichkeit elektrischer und elektronischer Systeme erklären und in den Kontext des störungsfreien Aufbaus und des Nachweises der Elektromagnetischen Verträglichkeit solcher Systeme setzen. Sie können die verschiedenen Störquellen und Koppelpfade klassifizieren und erläutern. Sie können passive Entstörkonzepte für Probleme der Elektromagnetischen Verträglichkeit vorschlagen und beschreiben. Sie können einen Überblick über messtechnische und numerische Methoden zur Sicherstellung der Elektromagnetischen Verträglichkeit in der elektrotechnischen Praxis geben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können eine Reihe von Verfahren zur Modellbildung der Elektromagnetischen Verträglichkeit typischer elektrischer und elektronischer Systeme anwenden. Sie können einschätzen, welche prinzipiellen Effekte diese Modelle in Bezug auf die Elektromagnetische Verträglichkeit vorhersagen, können diese klassifizieren und quantitativ analysieren. Sie können Lösungsstrategien aus diesen Vorhersagen ableiten und für die Anwendung in der elektrotechnischen Praxis dimensionieren. Sie können verschiedene Lösungsstrategien gegeneinander abwägen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise auf Englisch präsentieren, etwa während der praktischen Versuche und Übungen.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus den angegebenen Literaturquellen zu beschaffen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihr erlangtes Wissen mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen (z.B. Theoretischer Elektrotechnik und Nachrichtentechnik) verknüpfen. Sie können Probleme und Lösungen im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit auf Englisch kommunizieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja	Keiner	Referat
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	45 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Mechatronik: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0743: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Schuster
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung in die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)</li> <li>• Störquellen in Zeit- und Frequenzbereich</li> <li>• Kopplungsmechanismen</li> <li>• Leitungen und ihre Kopplung an elektromagnetische Felder</li> <li>• Schirmung</li> <li>• Filter</li> <li>• EMV-Prüfverfahren</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C.R. Paul: "Introduction to Electromagnetic Compatibility", 2nd ed., (Wiley, New Jersey, 2006).</li> <li>• A.J. Schwab und W. Kürner: "Elektromagnetische Verträglichkeit", 6. Auflage, (Springer, Berlin 2010).</li> <li>• F.M. Tesche, M.V. Ianoz, and T. Karlsson: "EMC Analysis Methods and Computational Models", (Wiley, New York, 1997).</li> </ul>



Lehrveranstaltung L0744: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Schuster
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Die Übung dient der Vertiefung und Einübung der Vorlesungsinhalte.
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C.R. Paul: "Introduction to Electromagnetic Compatibility", 2nd ed., (Wiley, New Jersey, 2006).</li> <li>• A.J. Schwab und W. Kürner: "Elektromagnetische Verträglichkeit", 6. Auflage, (Springer, Berlin 2010).</li> <li>• F.M. Tesche, M.V. Ianoz, and T. Karlsson: "EMC Analysis Methods and Computational Models", (Wiley, New York, 1997).</li> <li>• Scientific articles and papers</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0745: EMV I: Kopplungen, Gegenmaßnahmen und Prüfverfahren	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Schuster
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Mit Hilfe von Laborversuchen werden die folgenden Themenfelder der EMV praktisch untersucht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schirmung</li> <li>• Leitungsgeführte EMV-Prüfverfahren</li> <li>• Die GTEM-Zelle als feldgebundene Prüfumgebung</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Versuchsbeschreibungen und zugehörige Literatur werden innerhalb der Veranstaltung bereit gestellt.

Modul M0919: Laboratory: Digital Circuit Design			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Praktischer Schaltungsentwurf - Digital (L0694)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Kuhl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of semiconductor devices and circuit design		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain the structure and philosophy of the software framework for circuit design.</li> <li>• Students can determine all necessary input parameters for circuit simulation.</li> <li>• Students are able to explain the functions of the logic gates of their digital design.</li> <li>• Students can explain the algorithms of checking routines.</li> <li>• Students are able to select the appropriate transistor models for fast and accurate simulations.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can activate and execute all necessary checking routines for verification of proper circuit functionality.</li> <li>• Students are able to run the input desks for definition of their electronic circuits.</li> <li>• Students can define the building blocks of digital systems.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are trained to work through complex circuits in teams.</li> <li>• Students are able to share their knowledge for efficient design work.</li> <li>• Students can help each other to understand all the details and options of the design software.</li> <li>• Students are aware of their limitations regarding circuit design, so they do not go ahead, but they involve experts when required.</li> <li>• Students can present their design approaches for easy checking by more experienced experts.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are able to realistically judge the status of their knowledge and to define actions for improvements when necessary.</li> <li>• Students can break down their design work in sub-tasks and can schedule the design work in a realistic way.</li> <li>• Students can handle the complex data structures of their design task and document it in concise but understandable way.</li> <li>• Students are able to judge the amount of work for a major design project.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0694: Laboratory: Digital Circuit Design</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition of specifications</li> <li>• Architecture studies</li> <li>• Digital simulation flow</li> <li>• Philosophy of standard cells</li> <li>• Placement and routing of standard cells</li> <li>• Layout generation</li> <li>• Design checking routines</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Handouts will be distributed

Modul M0645: Fibre and Integrated Optics			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Faseroptik und Integrierte Optik (L0363)		Vorlesung	2              3
Faseroptik und Integrierte Optik (Übung) (L0365)		Gruppenübung	1              1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Manfred Eich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic principles of electrodynamics and optics		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Students can explain the fundamental mathematical and physical relations and technological basics of guided optical waves. They can describe integrated optical as well as fibre optical structures. They can give an overview on the applications of integrated optical components in optical signal processing.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Students can generate models and derive mathematical descriptions in relation to fibre optical and integrated optical wave propagation. They can derive approximative solutions and judge factors influential on the components' performance.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Students can jointly solve subject related problems in groups. They can present their results effectively within the framework of the problem solving course.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are capable to extract relevant information from the provided references and to relate this information to the content of the lecture. They can reflect their acquired level of expertise with the help of lecture accompanying measures such as exam typical exam questions. Students are able to connect their knowledge with that acquired from other lectures.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42		
<b>Leistungspunkte</b>	4		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0363: Fibre and Integrated Optics	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Hagen Renner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Theory of optical waveguides</li> <li>• Coupling to and from waveguides</li> <li>• Losses</li> <li>• Linear and nonlinear dispersion</li> <li>• Components and technical applications</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley 2007 Hunsperger, R.G., Integrated Optics: Theory and Technology, Springer, 2002 Agrawal, G.P., Fiber-Optic Communication Systems, Wiley, 2002, ISBN 0471215716 Marcuse, D., Theory of Dielectric Optical Waveguides, Academic Press, 1991, ISBN 0124709516 Tamir, T. (ed), Guided-Wave Optoelectronics, Springer, 1990

<b>Lehrveranstaltung L0365: Fibre and Integrated Optics (Problem Solving Course)</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Hagen Renner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	See lecture Fibre and Integrated Optics
<b>Literatur</b>	See lecture Fibre and Integrated Optics

Modul M0643: Optoelectronics I - Wave Optics			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Optoelektronik I: Wellenoptik (L0359)		Vorlesung	2              3
Optoelektronik I: Wellenoptik (Übung) (L0361)		Gruppenübung	1              1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Manfred Eich		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basics in electrodynamics, calculus		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Students can explain the fundamental mathematical and physical relations of freely propagating optical waves. They can give an overview on wave optical phenomena such as diffraction, reflection and refraction, etc. Students can describe waveoptics based components such as electrooptical modulators in an application oriented way.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students can generate models and derive mathematical descriptions in relation to free optical wave propagation. They can derive approximative solutions and judge factors influential on the components' performance.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can jointly solve subject related problems in groups. They can present their results effectively within the framework of the problem solving course.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are capable to extract relevant information from the provided references and to relate this information to the content of the lecture. They can reflect their acquired level of expertise with the help of lecture accompanying measures such as exam typical exam questions. Students are able to connect their knowledge with that acquired from other lectures.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42		
<b>Leistungspunkte</b>	4		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0359: Optoelectronics I: Wave Optics</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Eich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to optics</li> <li>• Electromagnetic theory of light</li> <li>• Interference</li> <li>• Coherence</li> <li>• Diffraction</li> <li>• Fourier optics</li> <li>• Polarisation and Crystal optics</li> <li>• Matrix formalism</li> <li>• Reflection and transmission</li> <li>• Complex refractive index</li> <li>• Dispersion</li> <li>• Modulation and switching of light</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley 2007 Hecht, E., Optics, Benjamin Cummings, 2001 Goodman, J.W. Statistical Optics, Wiley, 2000 Lauterborn, W., Kurz, T., Coherent Optics: Fundamentals and Applications, Springer, 2002

<b>Lehrveranstaltung L0361: Optoelectronics I: Wave Optics (Problem Solving Course)</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Eich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics
<b>Literatur</b>	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics

Modul M0781: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme (L0770)	Vorlesung	3	4
EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme (L0771)	Gruppenübung	1	1
EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme (L0774)	Laborpraktikum	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Christian Schuster		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlagen der Elektrotechnik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten, Zusammenhänge und Methoden der Signalintegrität und der Güte der Spannungsversorgung (Powerintegrität) elektronischer Systeme erklären und in den Kontext des störungsfreien Aufbaus bzw. der elektromagnetischen Verträglichkeit solcher Systeme setzen. Sie können das prinzipielle Verhalten von Signalen und Spannungsversorgung vor dem Hintergrund der typischen Aufbau- und Verbindungstechnik erläutern. Sie können Lösungsstrategien für Probleme der Signal- und Powerintegrität vorschlagen und beschreiben. Sie können einen Überblick über messtechnische und numerische Methoden zur Charakterisierung der Signal- und Powerintegrität in der elektrotechnischen Praxis geben.		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können eine Reihe von Verfahren zur Modellbildung zur Beschreibung des elektromagnetischen Verhaltens typischer Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme anwenden. Sie können einschätzen, welche prinzipiellen Effekte diese Modelle in Bezug auf die Signal- und Powerintegrität vorhersagen, können diese klassifizieren und quantitativ analysieren. Sie können Lösungsstrategien aus diesen Vorhersagen ableiten und für die Anwendung in der elektrotechnischen Praxis dimensionieren. Sie können verschiedene Lösungsstrategien gegeneinander abwägen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise auf Englisch präsentieren (z.B. während der CAD-Übungen).		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus den angegebenen Literaturquellen zu beschaffen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihr erlangtes Wissen mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen (z.B. Theoretischer Elektrotechnik, Nachrichtentechnik und Halbleiterschaltungstechnik) verknüpfen. Sie können Probleme und Lösungen im Bereich der Signal- und Powerintegrität der Aufbau- und Verbindungstechnik auf Englisch kommunizieren.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>
	Ja	Keiner	Referat
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	45 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Mechatronik: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		



<b>Lehrveranstaltung L0770: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Schuster
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Rolle von Packages und Interconnects in elektronischen Systemen</li> <li>- Komponenten der Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme</li> <li>- Hauptziele und Konzepte der Signal- und Powerintegrität elektronischer Systeme</li> <li>- Wiederholung relevanter Konzepte der elektromagnetischen Feldtheorie</li> <li>- Eigenschaften digitaler Signale und Systeme</li> <li>- Entwurf und Charakterisierung der Signalintegrität</li> <li>- Entwurf und Charakterisierung der Spannungsversorgung</li> <li>- Techniken und Geräte zur Messung in Zeit- und Frequenzbereich</li> <li>- CAD-Werkzeuge für elektrische Analyse und Entwurf von Packages und Interconnects</li> <li>- Bezug zur gesamten elektromagnetischen Verträglichkeit von elektronischen Systemen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- J. Franz, "EMV: Störungssicherer Aufbau elektronischer Schaltungen", Springer (2012)</li> <li>- R. Tummala, "Fundamentals of Microsystems Packaging", McGraw-Hill (2001)</li> <li>- S. Ramo, J. Whinnery, T. Van Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics", Wiley (1994)</li> <li>- S. Thierauf, "Understanding Signal Integrity", Artech House (2010)</li> <li>- M. Swaminathan, A. Engin, "Power Integrity Modeling and Design for Semiconductors and Systems", Prentice-Hall (2007)</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0771: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Schuster
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Lehrveranstaltung L0774: EMV II: Signalintegrität und Spannungsversorgung elektronischer Systeme</b>	
<b>Typ</b>	Laborpraktikum
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Christian Schuster
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Rolle von Packages und Interconnects in elektronischen Systemen</li> <li>- Komponenten der Aufbau- und Verbindungstechnik elektronischer Systeme</li> <li>- Hauptziele und Konzepte der Signal- und Powerintegrität elektronischer Systeme</li> <li>- Wiederholung relevanter Konzepte der elektromagnetischen Feldtheorie</li> <li>- Eigenschaften digitaler Signale und Systeme</li> <li>- Entwurf und Charakterisierung der Signalintegrität</li> <li>- Entwurf und Charakterisierung der Spannungsversorgung</li> <li>- Techniken und Geräte zur Messung in Zeit- und Frequenzbereich</li> <li>- CAD-Werkzeuge für elektrische Analyse und Entwurf von Packages und Interconnects</li> <li>- Bezug zur gesamten elektromagnetischen Verträglichkeit von elektronischen Systemen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- J. Franz, "EMV: Störungssicherer Aufbau elektronischer Schaltungen", Springer (2012)</li> <li>- R. Tummala, "Fundamentals of Microsystems Packaging", McGraw-Hill (2001)</li> <li>- S. Ramo, J. Whinnery, T. Van Duzer, "Fields and Waves in Communication Electronics", Wiley (1994)</li> <li>- S. Thierauf, "Understanding Signal Integrity", Artech House (2010)</li> <li>- M. Swaminathan, A. Engin, "Power Integrity Modeling and Design for Semiconductors and Systems", Prentice-Hall (2007)</li> </ul>

Modul M0913: Mixed-signal Circuit Design			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Mixed-signal Schaltungsentwurf (L0764)		Vorlesung	2              3
Mixed-signal Schaltungsentwurf (L1063)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Kuhl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Advanced knowledge of analog or digital MOS devices and circuits		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain the descriptive parameters of mixed-signal systems</li> <li>• Students can explain various architectures of analog-to-digital and digital-to-analog converters</li> <li>• Students are able to explain the fundamental limitations of different analog-to-digital and digital-to-analog converters</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can derive the fundamental limitations of different analog-to-digital and digital-to-analog converters</li> <li>• Students can select the most suitable architecture for a specific mixed-signal task</li> <li>• Students can describe complex mixed-signal systems by their functional blocks.</li> <li>• Students can calculate the specifications of mixed-signal circuits</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can team up with one or several partners who may have different professional backgrounds</li> <li>• Students are able to work by their own or in small groups for solving problems and answer scientific questions.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are able to assess their knowledge in a realistic manner.</li> <li>• Students are able to draw scenarios for estimation of the impact of an increase of data vs. an increase of energy on the future lifestyle of the society.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend Bonus</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>
	Ja              Keiner	Fachtheoretisch- fachpraktische Studienleistung	
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht		
Lehrveranstaltung L0764: Mixed-signal Circuit Design			
<b>Typ</b>	Vorlesung		
<b>SWS</b>	2		
<b>LP</b>	3		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28		
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl		
<b>Sprachen</b>	EN		
<b>Zeitraum</b>	WiSe		
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Differences between analog and digital filtering of electrical signals</li> <li>• Quantization error and its consideration in electrical circuits</li> <li>• Architectures of state-of-the-art digital-to-analog converters</li> <li>• Architectures of state-of-the-art analog-to-digital converters</li> <li>• Differentiation between Nyquist and oversampling converters</li> <li>• noise in ADCs and DACs</li> </ul>		
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• R. J. Baker, „CMOS-Circuit Design, Layout, and Simulation“, Wiley &amp; Sons, IEEE Press, 2010</li> <li>• B. Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", McGraw-Hill Education Ltd, 2000</li> </ul>		

<b>Lehrveranstaltung L1063: Mixed-signal Circuit Design</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1589: Laboratory: Analog Circuit Design			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b> <b>LP</b>
Praktischer Schaltungsentwurf - Analog (L0692)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2              6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Kuhl		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic knowledge of semiconductor devices and circuit design		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain the structure and philosophy of the software framework for circuit design.</li> <li>• Students can determine all necessary input parameters for circuit simulation.</li> <li>• Students know the basics physics of the analog behavior.</li> <li>• Students can explain the algorithms of circuit verification.</li> <li>• Students are able to select the appropriate transistor models for fast and accurate simulations.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can activate and execute all necessary checking routines for verification of proper circuit functionality.</li> <li>• Students can define the specifications of the electronic circuits to be designed.</li> <li>• Students can optimize the electronic circuits for low-noise and low-power.</li> <li>• Students can develop analog circuits for specific applications.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are trained to work through complex circuits in teams.</li> <li>• Students are able to share their knowledge for efficient design work.</li> <li>• Students can help each other to understand all the details and options of the design software.</li> <li>• Students are aware of their limitations regarding circuit design, so they do not go ahead, but they involve experts when required.</li> <li>• Students can present their design approaches for easy checking by more experienced experts.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are able to realistically judge the status of their knowledge and to define actions for improvements when necessary.</li> <li>• Students can break down their design work in sub-tasks and can schedule the design work in a realistic way.</li> <li>• Students can handle the complex data structures of their design task and document it in concise but understandable way.</li> <li>• Students are able to judge the amount of work for a major design project.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Kernqualifikation: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0692: Laboratory: Analog Circuit Design</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 152, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Kuhl, Weitere Mitarbeiter
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Input desk for circuits</li> <li>• Algorithms for simulation</li> <li>• MOS transistor model</li> <li>• Simulation of analog circuits</li> <li>• Placement and routing</li> <li>• Generation of layouts</li> <li>• Design checking routines</li> <li>• Postlayout simulations</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Handouts to be distributed

Modul M0644: Optoelectronics II - Quantum Optics				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Optoelektronik II: Quantenoptik (L0360)		Vorlesung	2	3
Optoelektronik II: Quantenoptik (Übung) (L0362)		Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Manfred Eich			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Basic principles of electrodynamics, optics and quantum mechanics			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>				
<i>Wissen</i>	Students can explain the fundamental mathematical and physical relations of quantum optical phenomena such as absorption, stimulated and spontaneous emission. They can describe material properties as well as technical solutions. They can give an overview on quantum optical components in technical applications.			
<i>Fertigkeiten</i>	Students can generate models and derive mathematical descriptions in relation to quantum optical phenomena and processes. They can derive approximative solutions and judge factors influential on the components' performance.			
<b>Personale Kompetenzen</b>				
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can jointly solve subject related problems in groups. They can present their results effectively within the framework of the problem solving course.			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are capable to extract relevant information from the provided references and to relate this information to the content of the lecture. They can reflect their acquired level of expertise with the help of lecture accompanying measures such as exam typical exam questions. Students are able to connect their knowledge with that acquired from other lectures.			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42			
<b>Leistungspunkte</b>	4			
<b>Studienleistung</b>	Keine			
<b>Prüfung</b>	Klausur			
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	40 Minuten			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht			

Lehrveranstaltung L0360: Optoelectronics II: Quantum Optics	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Eich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generation of light</li> <li>• Photons</li> <li>• Thermal and nonthermal light</li> <li>• Laser amplifier</li> <li>• Noise</li> <li>• Optical resonators</li> <li>• Spectral properties of laser light</li> <li>• CW-lasers (gas, solid state, semiconductor)</li> <li>• Pulsed lasers</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley 2007 Demtröder, W., Laser Spectroscopy: Basic Concepts and Instrumentation, Springer, 2002 Kasap, S.O., Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices, Prentice Hall, 2001 Yariv, A., Quantum Electronics, Wiley, 1988 Wilson, J., Hawkes, J., Optoelectronics: An Introduction, Prentice Hall, 1997, ISBN: 013103961X Siegman, A.E., Lasers, University Science Books, 1986

<b>Lehrveranstaltung L0362: Optoelectronics II: Quantum Optics (Problem Solving Course)</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Manfred Eich
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics
<b>Literatur</b>	see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics



**Thesis**

Modul M-002: Masterarbeit			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Professoren der TUHH		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laut ASPO § 21 (1): Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss.</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	keine		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b> <i>Wissen</i>  <i>Fertigkeiten</i>  <b>Personale Kompetenzen</b> <i>Sozialkompetenz</i>  <i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können das Spezialwissen (Fakten, Theorien und Methoden) ihres Studienfaches sicher zur Bearbeitung fachlicher Fragestellungen einsetzen.</li> <li>Die Studierenden können in einem oder mehreren Spezialbereichen ihres Faches die relevanten Ansätze und Terminologien in der Tiefe erklären, aktuelle Entwicklungen beschreiben und kritisch Stellung beziehen.</li> <li>Die Studierenden können eine eigene Forschungsaufgabe in ihrem Fachgebiet verorten, den Forschungsstand erheben und kritisch einschätzen.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, für die jeweilige fachliche Problemstellung geeignete Methoden auszuwählen, anzuwenden und ggf. weiterzuentwickeln.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, im Studium erworbenes Wissen und erlernte Methoden auch auf komplexe und/oder unvollständig definierte Problemstellungen lösungsorientiert anzuwenden.</li> <li>Die Studierenden können in ihrem Fachgebiet neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und diese kritisch beurteilen.</li> <li>Studierende können                             <ul style="list-style-type: none"> <li>eine wissenschaftliche Fragestellung für ein Fachpublikum sowohl schriftlich als auch mündlich strukturiert, verständlich und sachlich richtig darstellen.</li> <li>in einer Fachdiskussion Fragen fachkundig und zugleich adressatengerecht beantworten und dabei eigene Einschätzungen überzeugend vertreten.</li> </ul> </li> <li>Studierende sind fähig,                             <ul style="list-style-type: none"> <li>ein eigenes Projekt in Arbeitspakete zu strukturieren und abuarbeiten.</li> <li>sich in ein teilweise unbekanntes Arbeitsgebiet des Studiengangs vertieft einzuarbeiten und dafür benötigte Informationen zu erschließen.</li> <li>Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens umfassend in einer eigenen Forschungsarbeit anzuwenden.</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 900, Präsenzstudium 0		
<b>Leistungspunkte</b>	30		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Abschlussarbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	laut ASPO		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bauingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Bioverfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Computer Science: Abschlussarbeit: Pflicht Elektrotechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Energie- und Umwelttechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Energietechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Environmental Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht Flugzeug-Systemtechnik: Abschlussarbeit: Pflicht Global Innovation Management: Abschlussarbeit: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht Information and Communication Systems: Abschlussarbeit: Pflicht		

Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht  
Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Abschlussarbeit: Pflicht  
Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Abschlussarbeit: Pflicht  
Materialwissenschaft: Abschlussarbeit: Pflicht  
Mathematical Modelling in Engineering: Theory, Numerics, Applications: Abschlussarbeit: Pflicht  
Mechanical Engineering and Management: Abschlussarbeit: Pflicht  
Mechatronik: Abschlussarbeit: Pflicht  
Mediziningenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht  
Microelectronics and Microsystems: Abschlussarbeit: Pflicht  
Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Abschlussarbeit: Pflicht  
Regenerative Energien: Abschlussarbeit: Pflicht  
Schiffbau und Meerestechnik: Abschlussarbeit: Pflicht  
Ship and Offshore Technology: Abschlussarbeit: Pflicht  
Teilstudiengang Lehramt Metalltechnik: Abschlussarbeit: Pflicht  
Theoretischer Maschinenbau: Abschlussarbeit: Pflicht  
Verfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht  
Wasser- und Umweltingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht  
Zulassungs- und Sachverständigenwesen in der Luftfahrt: Abschlussarbeit: Pflicht