



## **Modulhandbuch**

Master of Science (M.Sc.)

## **Computer Science**

Kohorte: Wintersemester 2019

Stand: 27. April 2019

---

---

## Inhaltsverzeichnis

---

---

Inhaltsverzeichnis	2
Studiengangsbeschreibung	3
Fachmodule der Kernqualifikation	6
Modul M0523: Betrieb & Management	6
Modul M0524: Nichttechnische Ergänzungskurse im Master	7
Modul M0804: Forschungsprojekt und Seminar	10
Fachmodule der Vertiefung Computer- und Software-Engineering	12
Modul M0753: Software Verification	12
Modul M1270: Technischer Ergänzungskurs I für CSMS (laut FSPO)	14
Modul M0667: Algorithmische Algebra	15
Modul M0836: Communication Networks	18
Modul M0926: Verteilte Algorithmen	20
Modul M0586: Effiziente Algorithmen	22
Modul M1318: Wireless Sensor Networks	24
Modul M1271: Technischer Ergänzungskurs II für CSMS (laut FSPO)	26
Modul M0556: Computer Graphics	27
Modul M0837: Simulation of Communication Networks	29
Modul M1248: Compiler für Eingebettete Systeme	31
Modul M0924: Software für Eingebettete Systeme	34
Modul M1301: Software Testing	36
Modul M0711: Numerische Mathematik II	38
Modul M1397: Modellprüfung - Beweiser und Algorithmen	40
Modul M1405: Randomisierte Algorithmen und Zufällige Graphen	43
Modul M0758: Application Security	46
Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems	48
Modul M1337: Kurven, Kryptosysteme und Quanten-Computing	50
Modul M0942: Software Security	52
Modul M0910: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (Praktikum)	54
Modul M0549: Wissenschaftliches Rechnen und Genauigkeit	56
Modul M1395: Real-Time Systems	58
Modul M0733: Software Analysis	60
Modul M0839: Traffic Engineering	62
Fachmodule der Vertiefung Intelligenz-Engineering	65
Modul M1270: Technischer Ergänzungskurs I für CSMS (laut FSPO)	65
Modul M0550: Digital Image Analysis	66
Modul M0677: Digital Signal Processing and Digital Filters	68
Modul M0563: Robotics	71
Modul M0633: Industrial Process Automation	73
Modul M0549: Wissenschaftliches Rechnen und Genauigkeit	75
Modul M0623: Intelligent Systems in Medicine	77
Modul M0846: Control Systems Theory and Design	79
Modul M0676: Digitale Nachrichtenübertragung	83
Modul M0881: Mathematische Bildverarbeitung	86
Modul M1336: Soft-Computing - Einführung in Maschinenlernen	88
Modul M0629: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics	91
Modul M1271: Technischer Ergänzungskurs II für CSMS (laut FSPO)	95
Modul M1302: Angewandte Humanoide Robotik	96
Modul M0551: Pattern Recognition and Data Compression	98
Modul M0630: Robotics and Navigation in Medicine	100
Modul M1310: Diskrete Differentialgeometrie	102
Modul M0673: Informationstheorie und Codierung	104
Modul M0840: Optimal and Robust Control	108
Modul M0711: Numerische Mathematik II	111
Modul M0627: Machine Learning and Data Mining	113
Modul M0832: Advanced Topics in Control	115
Modul M1249: Numerische Verfahren in der medizinischen Bildgebung	119
Modul M0738: Digital Audio Signal Processing	121
Modul M0552: 3D Computer Vision	124
Modul M1552: Mathematik neuronaler Netzwerke	126
Thesis	128
Modul M-002: Masterarbeit	128

---

---

## Studiengangsbeschreibung

---

---

### Inhalt

Die Informatik hat sich zu einer Triebfeder des technologischen Fortschrittes entwickelt, weil alle Berufszweige mit Informatikaspekten durchdrungen sind und immer noch zusätzliche Anwendungsfelder in der Informations- und Kommunikationstechnik erschlossen werden. Der Masterstudiengang Computer Science trägt dieser Entwicklung Rechnung. Es werden die kreativen und konstruktiven Fähigkeiten zur Neu- und Weiterentwicklung von IT-Systemen sowie die ökonomischen und Management-Kompetenzen zur Planung und Durchführung umfangreicher IT-Projekte gefördert. Da IT-Systeme größtenteils durch das Zusammenwirken von Mensch, Technik, Unternehmen und Gesellschaft entstehen, sind Anwendungswissen, Sozialkompetenz und ethisches Verantwortungsbewusstsein unverzichtbare Bestandteile der Ausbildung. Des Weiteren bereitet das Masterstudium auch auf eine Promotion in Informatik vor.

Im Masterstudiengang Computer Science wird ein breites, fundiertes und vertieftes Grundlagenwissen in den Bereichen mathematische Modellbildung in der Informatik, Softwaretechnik, Hardwareentwurf und Intelligente Systeme vermittelt. Zudem werden weitergehende Kenntnisse in Betriebswirtschaftslehre und Management sowie nichttechnischen Fächern erlangt, um die Kompetenzen für die Bewältigung umfangreicher IT-Projekte zu erhöhen. Das Masterprogramm bereitet auf Kompetenzebene sowohl auf praktische Berufsfelder als auch auf die Forschung in Informatik vor.

### Berufliche Perspektiven

Der Masterstudiengang Computer Science bereitet die Absolventen und Absolventinnen sowohl auf eine berufliche Tätigkeit im IT-Sektor als auch auf eine Promotion in Informatik vor.

Der Studiengang bildet Informatikinnen und Informatiker aus, die auf dem deutschen und internationalen Arbeitsmarkt unabhängig von Konjunkturbewegungen sehr gute Beschäftigungsmöglichkeiten vorfinden. Absolventen und Absolventinnen werden nicht nur als Systementwickler in der IT-Branche oder in den Entwicklungsabteilungen des Maschinenbaus und der Automobilindustrie tätig sein, sondern auch in der Medienindustrie als Entwickler von autonom agierenden Systemen oder Computerspielen.

### Lernziele

Das Masterstudium Computer Science soll die Studierenden sowohl auf eine gehobene berufliche Tätigkeit im IT-Bereich als auch auf die Forschung in Informatik vorbereiten. Die dazu notwendigen methodischen Kompetenzen werden im Rahmen des Studiums erworben. Die Lernziele sind im Folgenden eingeteilt in die Kategorien Wissen, Fertigkeiten, Sozialkompetenz und Selbstständigkeit.

### Wissen

Wissen konstituiert sich aus Fakten, Grundsätzen und Theorien und wird im Masterstudiengang Computer Science auf folgenden Gebieten erworben:

1. Die Absolventen und Absolventinnen kennen in detaillierter Weise aktuelle Methoden und Verfahren zur mathematischen Modellbildung in der Informatik, wie etwa Agentensysteme, Bayessche Netze, dynamische Systeme, dynamische Programme, Entscheidungsbäume, lineare und nichtlineare (ganzzahlige) Programme, künstliche neuronale Netze sowie Fuzzylogik. Sie können diese Modelle detailliert beschreiben und verschiedene Repräsentationsformen desselben Modells vergleichen.
2. Die Absolventen und Absolventinnen kennen Punkt für Punkt weitergehende Methoden und Verfahren zur Lösung oder Approximation von algorithmischen Entscheidungs- und Optimierungsaufgaben, wie etwa Algorithmen in Netzwerken, Inferenz- und Lernverfahren für probabilistische Modelle, dynamische Programmierung, lineare und nichtlineare (ganzzahlige) Programmierung, Verfahren zur Lösung von

Ausgleichsproblemen, Eigenwertproblemen und nichtlinearen Nullstellenproblemen, Klassifikation mit künstlichen neuronalen Netzen, Bildung von Gruppierungen (Clustering) sowie Numerik und Algorithmik für Hochleistungsrechner.

3. Die Absolventen und Absolventinnen kennen im Detail weiterführende Methoden und Verfahren der Softwaretechnik, insbesondere Methoden zur Analyse und Verifikation von Software, die Konzipierung von Web- und Cloud-Diensten, den Entwurf von Spiele-Software und Verfahren des verteilten Rechnens.
4. Die Absolventen und Absolventinnen verstehen in Einzelheiten, wie Instanzen von Hardware-Modellen durch Verhaltens- und Strukturbeschreibungen spezifiziert werden und können die Einbettung von Strukturmodellen in einen technischen Rahmen unter Einbeziehung von Betriebssystem- und Netzwerkkomponenten beschreiben. Hierbei sind sie in der Lage auf Kenntnisse in den Bereichen Codierung und Decodierung von Daten, eingebettete Systeme, Kommunikationsnetze, Netzwerksicherheit, Sensornetze und Warteschlangenmodelle zurückzugreifen.
5. Die Absolventen und Absolventinnen sind vertraut mit den Grundzügen komplexer informations- und kommunikationstechnischer Systeme, so genannter cyber-physischer Systeme. Dies beinhaltet relevante Steuerungsarchitekturen, Interaktionsmechanismen, Sensorik und Aktorik und die Gewinnung und Verarbeitung von Wissen und Erkenntnissen aus dem System heraus.
6. Die Absolventen und Absolventinnen kennen im Einzelnen eine ganze Reihe von Anwendungsfällen valider mathematischer Modelle in der Informatik, wie etwa Algorithmen in Netzwerken, Bayessche Netze für die Analyse von Markov-Ketten in diversen Anwendungen, Medizintechnik, Robotik und Kameraführung sowie Methoden des Operations-Research für betriebswirtschaftliche und technische Planungsprobleme.

### Fertigkeiten

Die Fähigkeit, erlerntes Wissen anzuwenden, um spezifische Probleme zu lösen, wird im Studiengang Computer Science auf vielfältige Weise unterstützt:

1. Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, Instanzen formaler Modelle in der Informatik anhand weitergehender Modellierungsansätze zu entwickeln, ihre Berechenbarkeit und Komplexität direkt oder durch Reduktion zu ermitteln und sie vermöge geeigneter Programmierwerkzeuge in einem technischen Rahmen umzusetzen.
2. Die Absolventinnen und Absolventen sind imstande, Instanzen von algorithmischen Entscheidungs- und Optimierungsproblemen unter Verwendung weiterführender Verfahren und unter Einsatz einschlägiger Software-Werkzeuge optimal bzw. näherungsweise zu lösen und die Lösungen zu evaluieren.
3. Die Absolventen und Absolventinnen können komplexe Softwaresysteme, wie etwa Web- und Cloud-Dienste, Spiele-Software und nebenläufige Systeme, entwickeln und diese analysieren und verifizieren.
4. Die Absolventen und Absolventinnen sind in der Lage, Strukturbeschreibungen von komplexen Hardware-Bausteinen, wie etwa komplette CPUs, eingebettete Systeme, Coprozessoren oder Mikroprozessorsysteme, unter Verwendung spezifischer Entwicklungswerkzeuge zu konzipieren und zu evaluieren.
5. Die Absolventen und Absolventinnen können Komponenten von cyber-physischen Systemen unter Einsatz spezifischer Methoden und Verfahren entwickeln und in größere Systeme integrieren und testen.
6. Die Absolventen und Absolventinnen sind im Stande, weiterführende valide mathematische Modelle aus der Informatik unter Verwendung einer geeigneten Programmier- und Testumgebung technisch umzusetzen und zu validieren.

### Erwerb von Sozialkompetenz

Sozialkompetenz umfasst die individuelle Fähigkeit und den Willen, zielorientiert mit anderen zusammen zu arbeiten, die Interessen der anderen zu erfassen, sich zu verständigen und die Arbeits- und Lebenswelt mitzugestalten.

1. Die Absolventen und Absolventinnen können Teamsitzungen und Gruppenprojekte zu einem Thema aus der Informatik leiten und durchführen.
2. Die Absolventen und Absolventinnen sind in der Lage, Lösungen von Aufgabenstellungen aus der Informatik vor einer Hörerschaft mit Fachvertretern zu vertreten.

### Kompetenz zum selbstständigen Arbeiten

Personale Kompetenzen umfassen neben der Kompetenz zum selbständigen Handeln auch die System- und Lösungskompetenz, allgemeine Problemstellungen auf spezifische Teilprobleme abzubilden sowie die Auswahl und das Beherrschen geeigneter Methoden und Verfahren zur Problemlösung.

1. Die Absolventen und Absolventinnen können eigenständig ein Thema aus der Informatik erschließen und die Ergebnisse im Rahmen eines Vortrages mit fortgeschrittenen Präsentationstechniken oder anhand einer fundierten Abhandlung gemäß den Grundsätzen guter wissenschaftlicher Praxis darstellen.
2. Die Absolventen und Absolventinnen sind im Stande, zeitlich begrenzte und ressourcenbeschränkte Forschungsaufgaben unter Reflexion des im Studium Erlernten eigenverantwortlich durchzuführen.
- 3.

## Studiengangsstruktur

Das Curriculum des Masterstudienganges Computer Science ist wie folgt gegliedert:

- Kernqualifikation:
  - Forschungsprojekt & Seminar (18 LP), bestehend aus Projektarbeit (15 LP) und Hauptseminar (3 LP)
  - Betrieb & Management (6 LP)
  - Nichttechnische Ergänzungsfächer (6 LP)
- Vertiefung:
  - Vertiefungsrichtungen: Computer- und Software-Engineering, Intelligenz-Engineering
  - Wahl von 10 Modulen aus der gewählten Vertiefung (60 LP).
  - In jede Vertiefungen sind zwei Technische Ergänzungsfächer integriert, die aus dem Gesamtbereich der technischen Fächer der TU gewählt werden können.
- Masterarbeit: 30 LP, 4. Semester

Dadurch ergibt sich ein Gesamtaufwand von 120 LP. Der Studienplan enthält ein Mobilitätsfenster, so dass Studierende das dritte Semester im Ausland absolvieren können.

## Fachmodule der Kernqualifikation

Modul M0523: Betrieb & Management	
<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>	<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>
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	
<i>Selbstständigkeit</i>	
<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 Ergänzungskurse 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>	<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</p>

Wissen

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.

**Fachkompetenz (Wissen)**

Die Studierenden können

- ausgewähltes Spezialgebiete des jeweiligen nichttechnischen Bereiches erläutern,
- in den im Lehrbereich vertretenen Disziplinen grundlegende Theorien, Kategorien, Begrifflichkeiten, Modelle, Konzepte oder künstlerischen Techniken skizzieren,
- diese fremden Fachdisziplinen systematisch auf die eigene Disziplin beziehen, d.h. sowohl abgrenzen als auch Anschlüsse benennen,
- in Grundzügen skizzieren, inwiefern wissenschaftliche Disziplinen, Paradigmen, Modelle, Instrumente, Verfahrensweisen und Repräsentationsformen der Fachwissenschaften einer individuellen und soziokulturellen Interpretation und Historizität unterliegen,
- können Gegenstandsangemessen in einer Fremdsprache kommunizieren (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist).

Die Studierenden können in ausgewählten Teilbereichen

- grundlegende und teils auch spezielle Methoden der genannten Wissenschaftsdisziplinen anwenden.
- technische Phänomene, Modelle, Theorien usw. aus der Perspektive einer anderen, oben erwähnten Fachdisziplin befragen.
- einfache und teils auch fortgeschrittene Problemstellungen aus den behandelten Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich bearbeiten,
- bei praktischen Fragestellungen in Kontexten, die den technischen Sach- und Fachbezug übersteigen, ihre Entscheidungen zu Organisations- und Anwendungsformen der Technik begründen.

*Fertigkeiten*

**Personale Kompetenzen**

Die Studierenden sind fähig ,

- in unterschiedlichem Ausmaß kooperativ zu lernen
- eigene Aufgabenstellungen in den o.g. Bereichen in adressatengerechter Weise in einer Partner- oder Gruppensituation zu präsentieren und zu analysieren,
- nichttechnische Fragestellungen einer Zuhörerschaft mit technischem Hintergrund verständlich darzustellen
- sich landessprachlich kompetent, kulturell angemessen und geschlechtersensibel auszudrücken (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist)

*Sozialkompetenz*

Die Studierenden sind in ausgewählten Bereichen in der Lage,

<i>Selbstständigkeit</i>	<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>
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
<b>Leistungspunkte</b>	6

<b>Lehrveranstaltungen</b>
<b>Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.</b>

## Modul M0804: Forschungsprojekt und Seminar

Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Forschungsprojekt (L1761)	Projektierungskurs	10	15
Hauptseminar (L0817)	Seminar	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Wissen und Fertigkeiten aus einer der Vertiefungen im Master-Bereich des Studienganges		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden wissen, wie man sich ein Teilgebiet der Informatik (oder in einen angrenzenden Bereich) selbständig erschließt.		
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können ein Teilgebiet der Informatik (oder in einem angrenzenden Bereich) selbständig bearbeiten.		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierenden erläutern die in einem wissenschaftlichen Aufsatz geschilderten Probleme und die im Aufsatz entwickelten Lösungen in einem Fachgebiet der Informatik oder Mathematik, bewerten die vorgeschlagenen Lösungen in einem Vortrag und reagieren auf wissenschaftliche Nachfragen, Ergänzungen und Kommentare.		
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können ein Teilgebiet in einer Präsentation vorstellen. Sie können aktiv die Präsentationen anderer Studierender verfolgen, so dass evtl. ein interaktiver Diskurs über ein wissenschaftliches Thema entsteht.		
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 372, Präsenzstudium 168		
<b>Leistungspunkte</b>	18		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Studienarbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Das Seminar erfordert die Präsentation eines aktuellen Forschungsthemas (Vortrag 25-30 min und Diskussion 5 min).		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Kernqualifikation: Pflicht Informatik-Ingenieurwesen: Kernqualifikation: Pflicht Information and Communication Systems: Kernqualifikation: Pflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1761: Forschungsprojekt</b>	
<b>Typ</b>	Projektierungskurs
<b>SWS</b>	10
<b>LP</b>	15
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 310, Präsenzstudium 140
<b>Dozenten</b>	Dozenten des SD E
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Aktuelle Forschungsthemen aus der gewählten Vertiefungsrichtung.
<b>Literatur</b>	Aktuelle Literatur zu Forschungsthemen aus der gewählten Vertiefungsrichtung. / Current literature on research topics of the chosen specialization.

<b>Lehrveranstaltung L0817: Hauptseminar</b>	
<b>Typ</b>	Seminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dozenten des SD E
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden über die im Forschungsprojekt durchgeführten Arbeiten</li> <li>• Aktive Teilnahme an der Diskussion</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Wird vom Veranstalter bekanntgegeben.

## Fachmodule der Vertiefung Computer- und Software-Engineering

Die Vertiefung Computer- und Software-Engineering versteht sich als konsekutive Weiterführung der Vertiefung gleichen Namens im zugehörigen Bachelor-Studiengang.

### Modul M0753: Software Verification

#### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Softwareverifikation (L0629)	Vorlesung	2	3
Softwareverifikation (L0630)	Gruppenübung	2	3

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Sibylle Schupp
------------------------------	----------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None
----------------------------------	------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automata theory and formal languages</li> <li>• Computational logic</li> <li>• Object-oriented programming, algorithms, and data structures</li> <li>• Functional programming or procedural programming</li> <li>• Concurrency</li> </ul>
---------------------------------	--

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
---	---

<b>Fachkompetenz</b>	<p>Students apply the major verification techniques in model checking and deductive verification. They explain in formal terms syntax and semantics of the underlying logics, and assess the expressivity of different logics as well as their limitations. They classify formal properties of software systems. They find flaws in formal arguments, arising from modeling artifacts or underspecification.</p>
<i>Wissen</i>	
<b>Fertigkeiten</b>	<p>Students formulate provable properties of a software system in a formal language. They develop logic-based models that properly abstract from the software under verification and, where necessary, adapt model or property. They construct proofs and property checks by hand or using tools for model checking or deductive verification, and reflect on the scope of the results. Presented with a verification problem in natural language, they select the appropriate verification technique and justify their choice.</p>
<i>Fertigkeiten</i>	
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	<p>Students discuss relevant topics in class. They defend their solutions orally. They communicate in English.</p>
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>Using accompanying on-line material for self study, students can assess their level of knowledge continuously and adjust it appropriately. Working on exercise problems, they receive additional feedback. Within limits, they can set their own learning goals. Upon successful completion, students can identify and precisely formulate new problems in academic or applied research in the field of software verification. Within this field, they can conduct independent studies to acquire the necessary competencies and compile their findings in academic reports. They can devise plans to arrive at new solutions or assess existing ones.</p>

<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
----------------------------------	-------------------------------------

<b>Leistungspunkte</b>	6
------------------------	---

Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Ja	15 %	Übungsaufgaben	

<b>Prüfung</b>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Software: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht

**Lehrveranstaltung L0629: Software Verification**

<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. Sibylle Schupp
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Syntax and semantics of logic-based systems</li> <li>• Deductive verification                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Specification</li> <li>◦ Proof obligations</li> <li>◦ Program properties</li> <li>◦ Automated vs. interactive theorem proving</li> </ul> </li> <li>• Model checking                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Foundations</li> <li>◦ Property languages</li> <li>◦ Tool support</li> </ul> </li> <li>• Timed automata</li> <li>• Recent developments of verification techniques and applications</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C. Baier and J-P. Katoen, Principles of Model Checking, MIT Press 2007.</li> <li>• M. Huth and M. Bryan, Logic in Computer Science. Modelling and Reasoning about Systems, 2nd Edition, 2004.</li> <li>• Selected Research Papers</li> </ul>

**Lehrveranstaltung L0630: Software Verification**

<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. Sibylle Schupp
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M1270: Technischer Ergänzungskurs I für CSMS (laut FSPO)			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<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>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden erwerben weitergehende Kenntnisse in einem an der TUHH vertretenen technischen Fach.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden erwerben weitergehende Fertigkeiten in einem an der TUHH ansässigen technischen Fach.</p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden sind in der Lage, alleine oder in kleinen Gruppen weitergehende Kenntnisse und Fähigkeiten in einem an der TUHH vertretenen technischen Fach zu erwerben.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können die wesentlichen Inhalte des technischen Faches im Rahmen eines Vortrages oder einer Diskussion wiedergeben.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht		

## Modul M0667: Algorithmische Algebra

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Algorithmische Algebra (L0422)	Vorlesung	3	5
Algorithmische Algebra (L0423)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Prashant Batra		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Mathe I-III (Reelle Analysis, Rechnen in Vektorräumen, Vollst. Induktion) Diskrete Mathematik I (Gruppen, Ringe, Ideale, Körper; euklidischer Algorithmus)		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Studierende sind in der Lage, logische Zusammenhänge zwischen diesen Konzepten zu diskutieren und anhand von Beispielen zu erläutern: Smith-Normalform, Chinesischer Restsatz, Gitterpunktsätze, Ganzzahlige Lösung von Ungleichungssystemen.		
<i>Wissen</i>			
<b>Fertigkeiten</b>	Studierende sind in der Lage, sich weitere logische Zusammenhänge zwischen den kennengelernten Konzepten selbständig zu erschließen und können diese verifizieren.		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende können zu gegebenen Problemstellungen einen geeigneten Lösungsansatz entwickeln, diesen verfolgen und die Ergebnisse kritisch auswerten, wie beispielsweise bei der Lösung multivariater Gleichungssysteme und in der Gitterpunkttheorie.		
<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>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht		

### Lehrveranstaltung L0422: Algorithmische Algebra

<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	5
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 108, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Dr. Prashant Batra
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe

<b>Inhalt</b>	<p>Erweiterter Euklidischer Algorithmus, Lösen der Bezout-Gleichung</p> <p>Teilen mit Rest in Ringen</p> <p>Schnelle Rechenalgorithmen (Konversion in Zahlformate, Schnelle Multiplikationen)</p> <p>Diskrete Fourier-Transformation in Ringe</p> <p>Rechnen mit modularen Resten, Lösen von Restsystemen (Chinesischer Restsatz), Lösbarkeit ganzzahliger Gleichungssysteme</p> <p>Linearisierung polynomialer Gleichungen - Matrizenansatz</p> <p>Sylvester-Matrix, Elimination</p> <p>Elimination in Ringen, Elimination mehrerer Veränderlicher</p> <p>Buchberger-Algorithmus, Gröbner-Basis</p> <p>Minkowskischer Gitterpunktsatz und Ganzzahlige Optimierung</p> <p>LLL-Algorithmus zum Auffinden 'kurzer' Vektoren in polynomialer Zeit</p>
<b>Literatur</b>	<p>von zur Gathen, Joachim; Gerhard, Jürgen                  Modern computer algebra. 3rd ed. (English) Zbl 1277.68002                  Cambridge: Cambridge University Press (ISBN 978-1-107-03903-2/hbk; 978-1-139-85606-5/ebook).</p> <p>Yap, Chee Keng                  Fundamental problems of algorithmic algebra. (English) Zbl 0999.68261                  Oxford: Oxford University Press. xvi, 511 p. \$ 87.00 (2000).</p> <p>Free download for students from author's website: <a href="http://cs.nyu.edu/yap/book/berlin/">http://cs.nyu.edu/yap/book/berlin/</a></p> <p>Cox, David; Little, John; O'Shea, Donal                  Ideals, varieties, and algorithms. An introduction to computational algebraic geometry and commutative algebra. 3rd ed. (English) Zbl 1118.13001                  Undergraduate Texts in Mathematics. New York, NY: Springer (ISBN 978-0-387-35650-1/hbk; 978-0-387-35651-8/ebook). xv, 551 p.</p> <p>eBook: <a href="http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-35651-8">http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-35651-8</a></p> <p style="text-align: right;">Concrete abstract algebra : from numbers to Gröbner bases / Niels <b>Lauritzen</b></p> <p><b>Verfasser:</b> Lauritzen, Niels</p> <p><b>Ausgabe:</b> Reprinted with corr.</p> <p><b>Erschienen:</b> Cambridge [u.a.] : Cambridge Univ. Press, 2006</p> <p><b>Umfang:</b> XIV, 240 S. : graph. Darst.</p> <p><b>Anmerkung:</b> Includes bibliographical references and index</p>

	<p><b>ISBN:</b> 0-521-82679-9, 978-0-521-82679-2 (hbk.) : GBP 55.00 0-521-53410-0, 978-0-521-53410-9 (pbk.) : USD 39.99</p> <p>Koepf, Wolfram Computer algebra. An algorithmic oriented introduction. (Computeralgebra. Eine algorithmisch orientierte Einführung.) (German) Zbl 1161.68881 Berlin: Springer (ISBN 3-540-29894-0/pbk). xiii, 515 p.</p> <p>springer eBook: <a href="http://dx.doi.org/10.1007/3-540-29895-9">http://dx.doi.org/10.1007/3-540-29895-9</a></p> <p>Kaplan, Michael Computer algebra. (Computeralgebra.) (German) Zbl 1093.68148 Berlin: Springer (ISBN 3-540-21379-1/pbk). xii, 391 p.</p> <p>springer eBook: <a href="http://dx.doi.org/10.1007/b137968">http://dx.doi.org/10.1007/b137968</a></p>
--	--

Lehrveranstaltung L0423: Algorithmische Algebra	
<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. Prashant Batra
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0836: Communication Networks

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Analyse und Struktur von Kommunikationsnetzen (L0897)	Vorlesung	2	2
Ausgewählte Themen der Kommunikationsnetze (L0899)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	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>	<p style="margin-left: 20px;"><i>Wissen</i></p> <p>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.</p> <p style="margin-left: 20px;"><i>Fertigkeiten</i></p> <p>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.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p style="margin-left: 20px;"><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>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.</p> <p style="margin-left: 20px;"><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Students are able to obtain the necessary expert knowledge for understanding the functionality and performance capabilities of new communication networks independently.</p>		
<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>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht 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 Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht
--

**Lehrveranstaltung L0897: Analysis and Structure of Communication Networks**

<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
<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>

**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>

**Lehrveranstaltung L0898: Communication Networks Exercise**

<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 M0926: Verteilte Algorithmen			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Verteilte Algorithmen (L1071)	Vorlesung	2	3
Verteilte Algorithmen (L1072)	Hörsaalübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Volker Turau		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithmen und Datenstrukturen</li> <li>• Verteilte Systeme</li> <li>• Diskrete Mathematik</li> <li>• Graphentheorie</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i></p> <p>Studierende können die wichtigsten Abstraktion von Verteilten Algorithmen erklären (synchrones/asynchrones Model, nachrichtenbasierte und speicherbasierte Kommunikation, Randomisierung). Sie sind in der Lage, komplexitätsmaße für verteilte Algorithmen zu beschreiben (Runden-, Nachrichten- und Speicherkomplexität). Sie können Basisalgorithmen für die wichtigsten verteilten Probleme: Leader election, wechselseitiger Ausschluss, Graphfärbungen, Spannbäume beschreiben. Sie kennen die wesentlichen Techniken von randomisierten Algorithmen.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Studierende können eigene verteilte Algorithmen entwerfen und der Komplexität analysieren. Sie greifen dabei auf existierende Standardalgorithmen zurück. Sie analysieren die Komplexität randomisierter Algorithmen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p>		
<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>	45 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1071: Verteilte Algorithmen	
<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. Volker Turau
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leader Election</li> <li>• Färbungen &amp; Unabhängige Mengen</li> <li>• Algorithmen für Bäume</li> <li>• Minimal aufspannende Bäume</li> <li>• Randomisierte Verteilte Algorithmen</li> <li>• Wechselseitiger Ausschluss</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. David Peleg: Distributed Computing - A Locality-Sensitive Approach. SIAM Monograph, 2000</li> <li>2. Gerard Tel: Introduction to Distributed Algorithms, Cambridge University Press, 2nd edition, 2000</li> <li>3. Nancy Lynch: Distributed Algorithms. Morgan Kaufmann, 1996</li> <li>4. Volker Turau: Algorithmische Graphentheorie. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 3. Auflage, 2004.</li> </ol>

Lehrveranstaltung L1072: Verteilte Algorithmen	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Volker Turau
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0586: Effiziente Algorithmen

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Effiziente Algorithmen (L0120)	Vorlesung	2	3
Effiziente Algorithmen (L1207)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Siegfried Rump		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Programmieren in Matlab und/oder C Grundkenntnisse in diskreter Mathematik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i></p> <p>Die Studierenden können die grundlegenden Theorien, Zusammenhänge und Methoden der Netzwerkalgorithmen und insbesondere deren Datenstrukturen erklären. Sie können das Rechenzeitverhalten wesentlicher Netzwerkalgorithmen beschreiben und analysieren. Die Studierenden können insbesondere zwischen effizient lösbaren und NP-harten Aufgabenstellungen diskriminieren.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Die Studenten können komplexe Problemstellungen analysieren und die Möglichkeiten der Transformation in Netzwerkalgorithmen bestimmen. Sie können grundlegende Algorithmen und Datenstrukturen der linearen Optimierung und Netzwerktheorie effizient implementieren und mögliche Schwachstellen identifizieren. Sie können die Auswirkung der Nutzung verschiedener effizienter Datenstrukturen selbständig analysieren und jene gegebenenfalls einsetzen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise präsentieren, zum Beispiel während Kleingruppenübungen.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>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 ihren Wissensstand mit Hilfe vorlesungsbegleitender Maßnahmen (Quiz-Fragen in den Vorlesungen, klausurnahe Aufgaben) kontinuierlich überprüfen und auf dieser Basis ihre Lernprozesse steuern.</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>	90 min
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Modellierung und Simulation: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0120: Effiziente Algorithmen	
<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. Siegfried Rump
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lineare Optimierung</li> <li>- Datenstrukturen</li> <li>- Leftist heaps</li> <li>- Minimum spanning tree</li> <li>- Shortest path</li> <li>- Maximum flow</li> <li>- NP-harte Probleme via max-cut</li> </ul>
<b>Literatur</b>	R. E. Tarjan: Data Structures and Network Algorithms. CBMS 44, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, 1983. Wesley, 2011 <a href="http://algs4.cs.princeton.edu/home/">http://algs4.cs.princeton.edu/home/</a> V. Chvátal, "Linear Programming", Freeman, New York, 1983.

Lehrveranstaltung L1207: Effiziente Algorithmen	
<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. Siegfried Rump
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M1318: Wireless Sensor Networks

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Drahtlose Sensornetze (L1815)	Vorlesung	2	2
Drahtlose Sensornetze (L1816)	Gruppenübung	1	1
Drahtlose Sensornetze: Projekt (L1819)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Bernd-Christian Renner		
<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 110, Präsenzstudium 70		
<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>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

### Lehrveranstaltung L1815: Wireless Sensor Networks

<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. Bernd-Christian Renner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Lehrveranstaltung L1816: Wireless Sensor Networks	
<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. Bernd-Christian Renner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L1819: Wireless Sensor Networks: Project	
<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. Bernd-Christian Renner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>The PrBL course part will be performed in small groups of students. Topics are from the field of wireless sensor networks and are loosely related to the lecture contents. Project descriptions and goals are provided but have to be solved by the students as follow:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Group meeting, creation of working plan and milestones</li> <li>2. kick-off presentation (during lecture)</li> <li>3. free working</li> <li>4. poster creation and presentation</li> </ol> <p>Throughout the semester, there will be meetings with the supervisor on a regular basis (weekly or biweekly). Details about the topics and course organization will be provided in the first lecture. Please note that the number of participants is limited due to the available capacity (rooms, equipment, supervisors).</p>
<b>Literatur</b>	Will be provided individually

## Modul M1271: Technischer Ergänzungskurs II für CSMS (laut FSPO)

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<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>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden erwerben weitergehende Kenntnisse in einem an der TUHH vertretenen technischen Fach.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden erwerben weitergehende Fertigkeiten in einem an der TUHH ansässigen technischen Fach.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden sind in der Lage, alleine oder in kleinen Gruppen weitergehende Kenntnisse und Fähigkeiten in einem an der TUHH vertretenen technischen Fach zu erwerben.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können die wesentlichen Inhalte des technischen Faches im Rahmen eines Vortrages oder einer Diskussion wiedergeben.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht		

Modul M0556: Computer Graphics	
<b>Lehrveranstaltungen</b>	
<b>Titel</b>	<b>Typ</b> <b>SWS</b> <b>LP</b>
Computer-Grafik (L0145)	Vorlesung                      2                      3
Computer-Grafik (L0768)	Gruppenübung                      2                      3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Tobias Knopp
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Students are expected to have a solid knowledge of object-oriented programming as well as of linear algebra and geometry.
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b>	
<i>Wissen</i>	Students have acquired a theoretical basis in computer graphics and have a clear understanding of the process of computer animation.
<i>Fertigkeiten</i>	Students have acquired <ul style="list-style-type: none"> <li>• solid skills in modelling and shading,</li> <li>• solid skills in computer animation techniques, and</li> <li>• a thorough command of Maya, a first-class animation system.</li> </ul>
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are trained in communicating abstract ideas and are familiar with planning and conducting projects within a small team.
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to direct complex computer animation projects.
<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>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-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

Lehrveranstaltung L0145: Computer Graphics	
<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. Tobias Knopp
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Computer graphics and animation are leading to an unprecedented visual revolution. The course deals with its technological foundations:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Object-oriented Computer Graphics</li> <li>• Projections and Transformations</li> <li>• Polygonal and Parametric Modelling</li> <li>• Illuminating, Shading, Rendering</li> <li>• Computer Animation Techniques</li> <li>• Kinematics and Dynamics Effects</li> </ul> <p>Students will be working on a series of mini-projects which will eventually evolve into a final project. Learning computer graphics and animation resembles learning a musical instrument. Therefore, doing your projects well and in time is essential for performing well on this course.</p>
<b>Literatur</b>	<p>Alan H. Watt: 3D Computer Graphics. Harlow: Pearson (3rd ed., repr., 2009).</p> <p>Dariush Derakhshani: Introducing Autodesk Maya 2014. New York, NY : Wiley (2013).</p>

Lehrveranstaltung L0768: Computer Graphics	
<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. Tobias Knopp
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0837: Simulation of Communication Networks			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Simulation von Kommunikationsnetzen (L0887)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	5	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Andreas Timm-Giel		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge of computer and communication networks</li> <li>• Basic programming skills</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 explain the necessary stochastics, the discrete event simulation technology and modelling of networks for performance evaluation.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to apply the method of simulation for performance evaluation to different, also not practiced, problems of communication networks. The students can analyse the obtained results and explain the effects observed in the network. They are able to question their own results.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to acquire expert knowledge in groups, present the results, and discuss solution approaches and results. They are able to work out solutions for new problems in small teams.		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to transfer independently and in discussion with others the acquired method and expert knowledge to new problems. They can identify missing knowledge and acquire this knowledge independently.		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<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>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Avionik und Eingebettete Systeme: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Netze: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0887: Simulation of Communication Networks</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	5
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
<b>Dozenten</b>	Prof. Andreas Timm-Giel
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	In the course necessary basic stochastics and the discrete event simulation are introduced. Also simulation models for communication networks, for example, traffic models, mobility models and radio channel models are presented in the lecture. Students work with a simulation tool, where they can directly try out the acquired skills, algorithms and models. At the end of the course increasingly complex networks and protocols are considered and their performance is determined by simulation.
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skript des Instituts für Kommunikationsnetze</li> </ul> Further literature is announced at the beginning of the lecture.

# Modul M1248: Compiler für Eingebettete Systeme

## Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Compiler für Eingebettete Systeme (L1692)	Vorlesung	3	4
Compiler für Eingebettete Systeme (L1693)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	1	2

**Modulverantwortlicher** Prof. Heiko Falk

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine

**Empfohlene Vorkenntnisse**  
 Modul "Eingebettete Systeme"  
 C/C++ Programmierkenntnisse

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

<b>Fachkompetenz</b>	<p>Die Bedeutung Eingebetteter Systeme steigt von Jahr zu Jahr. Innerhalb Eingebetteter Systeme steigt der Software-Anteil, der auf Prozessoren ausgeführt wird, aufgrund geringerer Kosten und höherer Flexibilität ebenso kontinuierlich. Wegen der besonderen Einsatzgebiete Eingebetteter Systeme kommen hier hochgradig spezialisierte Prozessoren zum Einsatz, die applikationsspezifisch auf ihr jeweiliges Einsatzgebiet ausgerichtet sind. Diese hochgradig spezialisierten Prozessoren stellen hohe Anforderungen an einen Compiler, der Code von hoher Qualität generieren soll. Nach erfolgreichem Besuch der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktur und Aufbau derartiger Compiler aufzuzeigen,</li> <li>• interne Zwischendarstellungen auf verschiedenen Abstraktionsniveaus zu unterscheiden und zu erklären, und</li> <li>• Probleme und Optimierungen in allen Compilerphasen zu beurteilen.</li> </ul>
<i>Wissen</i>	<p>Wegen der hohen Anforderungen an Compiler für Eingebettete Systeme sind effektive Optimierungen unerlässlich. Die Studierenden lernen insbes.,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• welche Arten von Optimierungen es auf Quellcode-Niveau gibt,</li> <li>• wie die Übersetzung von der Quellsprache nach Assembler abläuft,</li> <li>• welche Arten von Optimierungen auf Assembler-Niveau durchzuführen sind,</li> <li>• wie die Registerallokation vonstatten geht, und</li> <li>• wie Speicherhierarchien effizient ausgenutzt werden.</li> </ul> <p>Da Compiler für Eingebettete Systeme oft verschiedene Zielfunktionen optimieren sollen (z.B. durchschnittliche oder worst-case Laufzeit, Energieverbrauch, Code-Größe), lernen die Studierenden den Einfluss von Optimierungen auf diese verschiedenen Zielfunktionen zu beurteilen.</p>
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Studierende werden in die Lage versetzt, hochsprachlichen Programmcode in Maschinensprache zu übersetzen. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zu beurteilen, welche Art von Code-Optimierung innerhalb eines Compilers am effektivsten auf welchem Abstraktionsniveau (bspw. Quell- oder Assemblercode) durchzuführen ist.</p> <p>Während der Übungen erwerben die Studierenden die Fähigkeit, einen funktionierenden Compiler mitsamt Optimierungen zu implementieren.</p>
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	<p>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>

<b>Selbstständigkeit</b>	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.
<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>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht

<b>Lehrveranstaltung L1692: Compiler für Eingebettete 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. Heiko Falk
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einleitung und Motivation</li> <li>• Compiler für Eingebettete Systeme - Anforderungen und Abhängigkeiten</li> <li>• Interne Struktur von Compilern</li> <li>• Pre-Pass Optimierungen</li> <li>• HIR Optimierungen und Transformationen</li> <li>• Code-Generierung</li> <li>• LIR Optimierungen und Transformationen</li> <li>• Register-Allokation</li> <li>• WCET-bewusste Code-Generierung</li> <li>• Ausblick</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.</li> <li>• Steven S. Muchnick. Advanced Compiler Design and Implementation. Morgan Kaufmann, 1997.</li> <li>• Andrew W. Appel. Modern compiler implementation in C. Oxford University Press, 1998.</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L1693: Compiler für Eingebettete Systeme</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. Heiko Falk
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<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. Volker Turau		
<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></p> <p>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></p> <p>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> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <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>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Software: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht		

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. Volker Turau
<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. Volker Turau
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Modul M1301: Software Testing</b>	
<b>Lehrveranstaltungen</b>	
<b>Titel</b>	<b>Typ</b> <b>SWS</b> <b>LP</b>
Softwaretesten (L1791)	Vorlesung                      2                      3
Softwaretesten (L1792)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung                      2                      3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Sibylle Schupp
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software Engineering</li> <li>• Higher Programming Languages</li> <li>• Object-Oriented Programming</li> <li>• Algorithms and Data Structures</li> <li>• Experience with (Small) Software Projects</li> <li>• Statistics</li> </ul>
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b>	
<i>Wissen</i>	Students explain the different phases of testing, describe fundamental techniques of different types of testing, and paraphrase the basic principles of the corresponding test process. They give examples of software development scenarios and the corresponding test type and technique. They explain algorithms used for particular testing techniques and describe possible advantages and limitations.
<i>Fertigkeiten</i>	Students identify the appropriate testing type and technique for a given problem. They adapt and execute respective algorithms to execute a concrete test technique properly. They interpret testing results and execute corresponding steps for proper re-test scenarios. They write and analyze test specifications. They apply bug finding techniques for non-trivial problems.
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Students discuss relevant topics in class. They defend their solutions orally. They communicate in English.
<i>Selbstständigkeit</i>	Students can assess their level of knowledge continuously and adjust it appropriately, based on feedback and on self-guided studies. Within limits, they can set their own learning goals. Upon successful completion, students can identify and precisely formulate new problems in academic or applied research in the field of software testing. Within this field, they can conduct independent studies to acquire the necessary competencies and compile their findings in academic reports. They can devise plans to arrive at new solutions or assess existing ones
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
<b>Leistungspunkte</b>	6
<b>Studienleistung</b>	Keine
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	Software
<b>Zuordnung zu folgenden</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme,

<b>Curricula</b>	Schwerpunkt Software: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht
------------------	---

### Lehrveranstaltung L1791: Software Testing

<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. Sibylle Schupp
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of software testing</li> <li>• Model-based testing</li> <li>• Test automation</li> <li>• Criteria-based testing</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Pezze and M. Young, Software Testing and Analysis, John Wiley 2008.</li> <li>• P. Ammann and J. Offutt, "Introduction to Software Testing", 2nd edition 2016.</li> <li>• A. Zeller: "Why Programs Fail: A Guide to Systematic Debugging", 2nd edition 2012.</li> </ul>

### Lehrveranstaltung L1792: Software Testing

<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. Sibylle Schupp
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of software testing</li> <li>• Model-based testing</li> <li>• Test automation</li> <li>• Criteria-based testing</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Pezze and M. Young, Software Testing and Analysis, John Wiley 2008.</li> <li>• P. Ammann and J. Offutt, "Introduction to Software Testing", 2nd edition 2015.</li> </ul>

Modul M0711: Numerische Mathematik II			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Numerische Mathematik II (L0568)	Vorlesung	2	3
Numerische Mathematik II (L0569)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Sabine Le Borne		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Numerische Mathematik I</li> <li>MATLAB Kenntnisse</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>weiterführende numerische Verfahren zur Interpolation, Integration, Lösung von Ausgleichproblemen, Lösung von Eigenwertproblemen und nichtlinearen Nullstellenproblemen benennen und deren Kernideen erläutern,</li> <li>Konvergenzaussagen zu den numerischen Methoden wiedergeben,</li> <li>Konvergenzbeweise skizzieren,</li> <li>Aspekte der praktischen Durchführung numerischer Verfahren im Hinblick auf Rechenzeit und Speicherbedarf erklären.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<b>Fertigkeiten</b>	<p>Studierende sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>vertiefende numerische Methoden in MATLAB zu implementieren, anzuwenden und zu vergleichen,</li> <li>das Konvergenzverhalten numerischer Methoden in Abhängigkeit vom gestellten Problem und des verwendeten Lösungsalgorithmus zu begründen und auf verwandte Problemstellungen zu übertragen</li> <li>zu gegebener Problemstellung einen geeigneten Lösungsansatz zu entwickeln, gegebenenfalls durch Zusammensetzen mehrerer Algorithmen, diesen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch auszuwerten.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten, sich theoretische Grundlagen erklären sowie bei praktischen Implementierungsaspekten der Algorithmen unterstützen.</li> </ul>		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<b>Selbstständigkeit</b>	<p>Studierende sind fähig,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen,</li> <li>ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.</li> </ul>		
<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>	25 min
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0568: Numerische Mathematik II	
<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. Sabine Le Borne, Dr. Jens-Peter Zemke
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fehler und Stabilität: Begriffe und Abschätzungen</li> <li>2. Interpolation: Rationale und trigonometrische Interpolation</li> <li>3. Quadratur: Gauß-Quadratur, Orthogonalpolynome</li> <li>4. Lineare Systeme: Perturbationstheorie von Zerlegungen, strukturierte Matrizen</li> <li>5. Eigenwertaufgaben: LR-, QD-, QR-Algorithmus</li> <li>6. Krylovraum-Verfahren: Arnoldi-, Lanczos-Verfahren</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoer/Bulirsch: Numerische Mathematik 1, Springer</li> <li>• Dahmen, Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0569: Numerische Mathematik II	
<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. Sabine Le Borne, Dr. Jens-Peter Zemke
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M1397: Modellprüfung - Beweiser und Algorithmen

Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
Modellprüfung - Beweiser und Algorithmen (L1979)	Vorlesung	2	3
Modellprüfung - Beweiser und Algorithmen (L1980)	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>	<p>Studierende kennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithmen und Datenstrukturen für die Modellprüfung,</li> <li>• grundlegende Beweisverfahren sowie</li> <li>• den Einfluss der Modellierung und Spezifikation auf den Rechenaufwand für den Nachweis mittels Modellprüfung.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<b>Fertigkeiten</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithmen und Datenstrukturen zur Modellprüfung erläutern und implementieren</li> <li>• abschätzen, ob sich eine Problemstellung mittels Boolescher Beweisverfahren oder Modellprüfung beantworten lässt, und</li> <li>• solche Lösungsverfahren realisieren.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	<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>Sozialkompetenz</i>			
<b>Selbstständigkeit</b>	Studierende erlernen mittels Zusatzmaterial selbständig vertiefende Zusammenhänge der Konzepte aus der Vorlesung und erweiterte Lösungsverfahren.		
<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>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Software: Wahlpflicht		

### Lehrveranstaltung L1979: Modellprüfung - Beweiser und Algorithmen

<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>Correctness is a major concern in embedded systems. Model checking can fully automatically proof formal properties about digital hardware or software. Such properties are given in temporal logic, e.g., to prove "No two orthogonal traffic lights will ever be green."</p> <p>And how do the underlying reasoning algorithms work so effectively in practice despite a computational complexity of NP hardness and beyond?</p> <p>But what are the limitations of model checking? How are the models generated from a given design? The lecture will answer these questions. Open source tools will be used to gather a practical experience.</p> <p>Among other topics, the lecture will consider the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelling digital Hardware, Software, and Cyber Physical Systems</li> <li>• Data structures, decision procedures and proof engines             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Binary Decision Diagrams</li> <li>◦ And-Inverter-Graphs</li> <li>◦ Boolean Satisfiability</li> <li>◦ Satisfiability Modulo Theories</li> </ul> </li> <li>• Specification Languages             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ CTL</li> <li>◦ LTL</li> <li>◦ System Verilog Assertions</li> </ul> </li> <li>• Algorithms for             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Reachability Analysis</li> <li>◦ Symbolic CTL Checking</li> <li>◦ Bounded LTL-Model Checking</li> <li>◦ Optimizations, e.g., induction, abstraction</li> </ul> </li> <li>• Quality assurance</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Edmund M. Clarke, Jr., Orna Grumberg, and Doron A. Peled. 1999. <i>Model Checking</i>. MIT Press, Cambridge, MA, USA.</p> <p>A. Biere, A. Biere, M. Heule, H. van Maaren, and T. Walsh. 2009. <i>Handbook of Satisfiability: Volume 185 Frontiers in Artificial Intelligence and Applications</i>. IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands.</p> <p>Selected research papers</p>

<b>Lehrveranstaltung L1980: Modellprüfung - Beweiser und Algorithmen</b>	
<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 M1405: Randomisierte Algorithmen und Zufällige Graphen

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Randomisierte Algorithmen und Zufällige Graphen (L2010)	Vorlesung	2	3
Randomisierte Algorithmen und Zufällige Graphen (L2011)	Hörsaalübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Anusch Taraz		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algorithmen und Datenstrukturen</li> <li>Mathematik I und II</li> <li>Stochastik</li> <li>Graphentheorie</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Students can describe basic concepts in the area of Randomized Algorithms and Random Graphs such as random walks, tail bounds, fingerprinting and algebraic techniques, first and second moment methods, and various random graph models. They are able to explain them using appropriate examples.</li> <li>Students can discuss logical connections between these concepts. They are capable of illustrating these connections with the help of examples.</li> <li>They know proof strategies and can apply them.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Students can model problems with the help of the concepts studied in this course. Moreover, they are capable of solving them by applying established methods.</li> <li>Students are able to explore and verify further logical connections between the concepts studied in the course.</li> <li>For a given problem, the students can develop and execute a suitable technique, and are able to critically evaluate the results.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Students are able to work together in teams. They are capable to establish a common language.</li> <li>In doing so, they can communicate new concepts according to the needs of their cooperating partners. Moreover, they can design examples to check and deepen the understanding of their peers.</li> </ul>		
<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>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Mathematical Modelling in Engineering: Theory, Numerics, Applications: Vertiefung I. Numerics (TUHH): Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L2010: Randomisierte Algorithmen und Zufällige Graphen	
<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. Anusch Taraz, Prof. Volker Turau
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Randomized Algorithms:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• introduction and recalling basic tools from probability</li> <li>• randomized search</li> <li>• random walks</li> <li>• text search with fingerprinting</li> <li>• parallel and distributed algorithms</li> <li>• online algorithms</li> </ul> <p>Random Graphs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• typical properties</li> <li>• first and second moment method</li> <li>• tail bounds</li> <li>• thresholds and phase transitions</li> <li>• probabilistic method</li> <li>• models for complex networks</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motwani, Raghavan: Randomized Algorithms</li> <li>• Worsch: Randomisierte Algorithmen</li> <li>• Dietzfelbinger: Randomisierte Algorithmen</li> <li>• Bollobas: Random Graphs</li> <li>• Alon, Spencer: The Probabilistic Method</li> <li>• Frieze, Karonski: Random Graphs</li> <li>• van der Hofstad: Random Graphs and Complex Networks</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L2011: Randomisierte Algorithmen und Zufällige Graphen</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Anusch Taraz, Prof. Volker Turau
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0758: Application Security			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Anwendungssicherheit (L0726)	Vorlesung	3	3
Anwendungssicherheit (L0729)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dieter Gollmann		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Familiarity with Information security, fundamentals of cryptography, Web protocols and the architecture of the Web		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i></p> <p>Students can name current approaches for securing selected applications, in particular of web applications</p> <p>Students are capable of</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• performing a security analysis</li> <li>• developing security solutions for distributed applications</li> <li>• recognizing the limitations of existing standard solutions</li> </ul> <p><i>Fertigkeiten</i></p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Students are capable of appreciating the impact of security problems on those affected and of the potential responsibilities for their resolution.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Students are capable of acquiring knowledge independently from professional publications, technical standards, and other sources, and are capable of applying newly acquired knowledge to new problems.</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>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Software: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0726: Application Security	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Dieter Gollmann
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Email security</li> <li>• Web Services security</li> <li>• Security in Web applications</li> <li>• Access control</li> <li>• Trust Management</li> <li>• Trusted Computing</li> <li>• Digital Rights Management</li> <li>• Security Solutions for selected applications</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Webseiten der OMG, W3C, OASIS, WS-Security, OECD, TCG D. Gollmann: Computer Security, 3rd edition, Wiley (2011) R. Anderson: Security Engineering, 2nd edition, Wiley (2008) U. Lang: CORBA Security, Artech House, 2002

Lehrveranstaltung L0729: Application Security	
<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. Dieter Gollmann
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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>	<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>Wissen</i>	
<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>	Studierende erlernen mittels Zusatzmaterial selbständig vertiefende Zusammenhänge der Konzepte aus der Vorlesung und erweiterte Lösungsverfahren.

<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
----------------------------------	-------------------------------------

<b>Leistungspunkte</b>	6
------------------------	---

	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
<b>Studienleistung</b>	Nein	Keiner	Übungsaufgaben	Praktische Übungsaufgaben zur Anwendung der gelernten Ansätze

<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung
----------------	-------------------

<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min
----------------------------------	--------

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	<p>Computer Science: Vertiefung 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, Eingebette 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 M1337: Kurven, Kryptosysteme und Quanten-Computing

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Kurven, Kryptosysteme und Quanten-Computing (L1870)	Vorlesung	4	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse in Algebra, Linearer Algebra und Analysis.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Die Studierende kennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die grundlegende Theorie der elliptischen Kurven (Weierstraß-Gleichung, projektive Räume, Gruppengesetz, Diskriminante, <math>j</math>-Invariante, Endomorphismen, singuläre elliptische Kurven, elliptische Kurven über endlichen Körpern),</li> <li>• die grundlegenden klassischen Kryptosysteme (symmetrisch und asymmetrisch),</li> <li>• grundlegende kryptologische Ansätze (diskrete Logarithmen, Faktorisierung),</li> <li>• die Kryptographie elliptischer Kurven,</li> <li>• Quantum-Computation aus algebraischer Sicht und Post-Quantum-Szenarien,</li> <li>• algebraische Codes über beliebigen Kurven,</li> <li>• den berühmten Satz von Riemann-Roch.</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Gruppengesetz elliptischen Kurven anzuwenden,</li> <li>• festzustellen, ob eine Kurve nicht-singulär ist,</li> <li>• kryptographische Algorithmen, die elliptische Kurven beinhalten, zu skizzieren,</li> <li>• quantentheoretische Algorithmen zu spezifizieren,</li> <li>• die Parameter algebraischer Codes über Kurven zu bestimmen.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p>Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, fachspezifische Aufgaben alleine oder in einer Gruppe zu bearbeiten und die Resultate geeignet zu präsentieren.</p> <p>Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, sich Teilbereiche des Fachgebietes anhand von Fachbüchern selbständig zu erarbeiten, das erworbene Wissen zusammenzufassen, zu präsentieren und es mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen zu verknüpfen.</p>		
<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>	25 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1870: Kurven, Kryptosysteme und Quanten-Computing</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. Karl-Heinz Zimmermann
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Modul M0942: Software Security			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Software-Sicherheit (L1103)	Vorlesung	2	3
Software-Sicherheit (L1104)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dieter Gollmann		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Familiarity with C/C++, web programming		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Students can</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>name the main causes for security vulnerabilities in software</li> <li>explain current methods for identifying and avoiding security vulnerabilities</li> <li>explain the fundamental concepts of code-based access control</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<b>Fertigkeiten</b>	<p>Students are capable of</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>performing a software vulnerability analysis</li> <li>developing secure code</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	None		
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are capable of acquiring knowledge independently from professional publications, technical standards, and other sources, and are capable of applying newly acquired knowledge to new problems.		
<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>	120 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1103: Software Security	
<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. Dieter Gollmann
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reliability and Software Security</li> <li>• Attacks exploiting character and integer representations</li> <li>• Buffer overruns</li> <li>• Vulnerabilities in memory managemet: double free attacks</li> <li>• Race conditions</li> <li>• SQL injection</li> <li>• Cross-site scripting and cross-site request forgery</li> <li>• Testing for security; taint analysis</li> <li>• Type safe languages</li> <li>• Development proceses for secure software</li> <li>• Code-based access control</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>M. Howard, D. LeBlanc: Writing Secure Code, 2nd edition, Microsoft Press (2002)</p> <p>G. Hoglund, G. McGraw: Exploiting Software, Addison-Wesley (2004)</p> <p>L. Gong, G. Ellison, M. Dageforde: Inside Java 2 Platform Security, 2nd edition, Addison-Wesley (2003)</p> <p>B. LaMacchia, S. Lange, M. Lyons, R. Martin, K. T. Price: .NET Framework Security, Addison-Wesley Professional (2002)</p> <p>D. Gollmann: Computer Security, 3rd edition (2011)</p>

Lehrveranstaltung L1104: Software Security	
<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. Dieter Gollmann
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0910: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (Praktikum)				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (L1061)		Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	3	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>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>			
<i>Wissen</i>	<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>			
<i>Fertigkeiten</i>	<p>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.</p>			
<b>Personale Kompetenzen</b>				
<i>Sozialkompetenz</i>	<p>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>			
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>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>	<p>Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht                      Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Informations- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht                      Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht</p>			

<b>Lehrveranstaltung L1061: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen</b>	
<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>

## Modul M0549: Wissenschaftliches Rechnen und Genauigkeit

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Einschließungsmethoden (L0122)	Vorlesung	2	3
Einschließungsmethoden (L1208)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Siegfried Rump		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse in numerischer Mathematik		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studenten haben vertiefte Kenntnisse von numerischen und seminumerischen Methoden mit dem Ziel, prinzipiell exakte und genaue Fehlerschranken zu berechnen. Für diverse, grundlegende Problemstellungen kennen sie Algorithmen mit der Verifikation der Korrektheit des Resultats.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studenten können für grundlegende Probleme Algorithmen entwerfen, die korrekte Fehlerschranken für die Lösung berechnen und gleichzeitig die Empfindlichkeit in bezug auf Variation der Eingabedaten analysieren.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise präsentieren, zum Beispiel während Kleingruppenübungen.</p> <p><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 ihren Wissensstand mit Hilfe vorlesungsbegleitender Maßnahmen (Quiz-Fragen in den Vorlesungen, klausurnahe Aufgaben) kontinuierlich überprüfen und auf dieser Basis ihre Lernprozesse steuern.</p>		
<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		
	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht		

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Systemtechnik - Robotik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Wissenschaftliches Rechnen: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht
---	---

Lehrveranstaltung L0122: Einschließungsmethoden	
<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. Siegfried Rump
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle und optimale Intervallarithmetik</li> <li>• Fehlerfreie Transformationen</li> <li>• Verifikationsmethoden für lineare und nichtlineare Gleichungssysteme</li> <li>• Verifikationsmethoden für bestimmte Integrale</li> <li>• Behandlung mehrfacher Nullstellen</li> <li>• Automatische Differentiation</li> <li>• Implementierung in Matlab/INTLAB</li> <li>• Praktische Anwendungen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Neumaier: Interval Methods for Systems of Equations. In: Encyclopedia of Mathematics and its Applications. Cambridge University Press, 1990  S.M. Rump. Verification methods: Rigorous results using floating-point arithmetic. Acta Numerica, 19:287-449, 2010.

Lehrveranstaltung L1208: Einschließungsmethoden	
<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. Siegfried Rump
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

# Modul M1395: Real-Time Systems

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Echtzeitsysteme (L1974)	Vorlesung	3	4
Echtzeitsysteme (L1975)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Heiko Falk		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Computer Engineering, Basic knowledge in embedded systems		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Real-Time applications are an important class of embedded systems such as driver assistance systems in modern automobiles, medical devices, process plants and aircrafts. Their main feature is that they are required to complete work and deliver services on a timely basis. This course aims at introducing fundamental theories and concepts about real-time systems. As an introduction, the lecture describes several classes of real-time applications (e.g. digital controllers, signal processing, real-time databases and multimedia). It introduces the main characteristics of real-time systems and explains the relationship between timing requirements and functional requirements. Next, this is followed by a reference model used to characterize the main features of real-time applications. Several scheduling approaches (e.g clock-driven and priority-driven) and timing analysis techniques used for the verification and validation of the timing properties of real-time systems are introduced and discussed.</p> <p>The last part of the course will focus on the timing behavior of communications networks taking into account properties such as the end-to-end latency and the delay jitter, and on shared resources access control and synchronization in multiprocessor/multicore architectures.</p>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Students have solid notions about the basic properties of common real-time systems and the methods used to analyze them. Students are able to characterize and model the timing features of a real-time system. They use schedulability analysis techniques to compute the response time of systems and check if this meets the timing requirements (i.e deadline) of the system.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	<p>Students are able to solve similar problems alone or in a group and to present the results accordingly.</p>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>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>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	<p>Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht                      Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht                      Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Avionik und Eingebettete Systeme: Wahlpflicht                      Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Informations- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht                      Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht</p>		

Lehrveranstaltung L1974: Real-Time 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>	Ph.D Selma Saidi
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Introduction to Real-Time Embedded Systems</b></li> <li>• <b>Characterization of Real-Time Systems</b></li> <li>• <b>Approaches to Real- Time Scheduling</b></li> <li>• <b>Timing Analysis</b></li> <li>• <b>Real-Time Communication</b></li> <li>• <b>Multiprocessor/Multicore Scheduling and Synchronization</b></li> <li>• <b>An example of an Automotive Real Time Systems</b></li> </ul>
<b>Literatur</b>	Book reference: Jane W. S. Liu Real-Time Systems Prentice Hall 2000

Lehrveranstaltung L1975: Real-Time 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>	Ph.D Selma Saidi
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

Modul M0733: Software Analysis			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Softwareanalyse (L0631)	Vorlesung	2	3
Softwareanalyse (L0632)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Sibylle Schupp		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic knowledge of software-engineering activities</li> <li>• Discrete algebraic structures</li> <li>• Object-oriented programming, algorithms, and data structures</li> <li>• Functional programming or Procedural programming</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i></p> <p>Students apply the major approaches to data-flow analysis, control-flow analysis, and type-based analysis, along with their classification schemes, and employ abstract interpretation. They explain the standard forms of internal representations and models, including their mathematical structure and properties, and evaluate their suitability for a particular analysis. They explain and categorize the major analysis algorithms. They distinguish precise solutions from approximative approaches, and show termination and soundness properties.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Presented with an analytical task for a software artifact, students select appropriate approaches from software analysis, and justify their choice. They design suitable representations by modifying standard representations. They develop customized analyses and devise them as safe overapproximations. They formulate analyses in a formal way and construct arguments for their correctness, behavior, and precision.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Students discuss relevant topics in class. They defend their solutions orally. They communicate in English.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Using accompanying on-line material for self study, students can assess their level of knowledge continuously and adjust it appropriately. Working on exercise problems, they receive additional feedback. Within limits, they can set their own learning goals. Upon successful completion, students can identify and precisely formulate new problems in academic or applied research in the field of software analysis. Within this field, they can conduct independent studies to acquire the necessary competencies and compile their findings in academic reports. They can devise plans to arrive at new solutions or assess existing ones.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Fachtheoretisch-fachpraktische Arbeit		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	siehe englisch		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Informations- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Software: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-		

	Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht
--	---

### Lehrveranstaltung L0631: Software Analysis

<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. Sibylle Schupp
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modeling: Control-Flow Modeling, Data Dependences, Intermediate Languages)</li> <li>• Classical Bit-Vector Analyses (Reaching Definition, Very Busy Expressions, Liveness, Available Expressions, May/Must, Forward/Backward)</li> <li>• Monotone Frameworks (Lattices, Transfer Functions, Ascending Chain Condition, Distributivity, Constant Propagation)</li> <li>• Theory of Data-Flow Analysis (Tarski's Fixed Point Theorem, Data-Flow Equations, MFP Solution, MOP Solution, Worklist Algorithm)</li> <li>• Non-Classical Data-Flow Analyses</li> <li>• Abstract Interpretation (Galois Connections, Approximating Fixed Points, Construction Techniques)</li> <li>• Type Systems (Type Derivation, Inference Trees, Algorithm W, Unification)</li> <li>• Recent Developments of Analysis Techniques and Applications</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flemming Nielsen, Hanne Nielsen, and Chris Hankin. Principles of Program Analysis. Springer, 2nd. ed. 2005.</li> <li>• Uday Khedker, Amitabha Sanyal, and Bageshri Karkara. Data Flow Analysis: Theory and Practice. CRC Press, 2009.</li> <li>• Benjamin Pierce, Types and Programming Languages, MIT Press.</li> <li>• Selected research papers</li> </ul>

### Lehrveranstaltung L0632: Software Analysis

<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. Sibylle Schupp
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0839: Traffic Engineering			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Seminar Traffic Engineering (L0902)	Seminar	2	2
Traffic Engineering (L0900)	Vorlesung	2	2
Traffic Engineering Übung (L0901)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Andreas Timm-Giel		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentals of communication or computer networks</li> <li>• Stochastics</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 methods for planning, optimisation and performance evaluation of communication networks.		
<i>Fertigkeiten</i>	Students are able to solve typical planning and optimisation tasks for communication networks. Furthermore they are able to evaluate the network performance using queuing theory.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to acquire the necessary expert knowledge to understand the functionality and performance 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>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Informations- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Netze: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0902: Seminar Traffic Engineering	
<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. Andreas Timm-Giel
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Selected applications of methods for planning, optimization, and performance evaluation of communication networks, which have been introduced in the traffic engineering lecture are prepared by the students and presented in a seminar.
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U. Killat, Entwurf und Analyse von Kommunikationsnetzen, Vieweg + Teubner</li> <li>• further literature announced in the lecture</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0900: Traffic Engineering	
<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
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Network Planning and Optimization</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Linear Programming (LP)</li> <li>• Network planning with LP solvers</li> <li>• Planning of communication networks</li> </ul> <p>Queueing Theory for Communication Networks</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stochastic processes</li> <li>• Queueing systems</li> <li>• Switches (circuit- and packet switching)</li> <li>• Network of queues</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Literatur: U. Killat, Entwurf und Analyse von Kommunikationsnetzen, Springer Weitere Literatur wird in der Lehrveranstaltung bekanntgegeben</p> <p>/</p> <p>Literature: U. Killat, Entwurf und Analyse von Kommunikationsnetzen, Springer further literature announced in the lecture</p>

<b>Lehrveranstaltung L0901: Traffic Engineering Exercises</b>	
<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. Andreas Timm-Giel
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Accompanying exercise for the traffic engineering course
<b>Literatur</b>	Literatur: U. Killat, Entwurf und Analyse von Kommunikationsnetzen, Springer Weitere Literatur wird in der Lehrveranstaltung bekanntgegeben / Literature: U. Killat, Entwurf und Analyse von Kommunikationsnetzen, Springer further literature announced in the lecture

## Fachmodule der Vertiefung Intelligenz-Engineering

### Modul M1270: Technischer Ergänzungskurs I für CSMS (laut FSPO)

#### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<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>	<p>Die Studierenden erwerben weitergehende Kenntnisse in einem an der TUHH vertretenen technischen Fach.</p> <p>Die Studierenden erwerben weitergehende Fertigkeiten in einem an der TUHH ansässigen technischen Fach.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, alleine oder in kleinen Gruppen weitergehende Kenntnisse und Fähigkeiten in einem an der TUHH vertretenen technischen Fach zu erwerben.</p> <p>Die Studierenden können die wesentlichen Inhalte des technischen Faches im Rahmen eines Vortrages oder einer Diskussion wiedergeben.</p>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht		

# 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>	<p>Students can</p> <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>Wissen</i>	
	<p>Students are able to</p> <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>
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Students can solve simple arithmetical problems relating to the specification and design of image processing and image analysis systems.</p> <p>Students are able to assess different solution approaches in multidimensional decision-making areas.</p> <p>Students can undertake a prototypical analysis of processes in Matlab.</p>
<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
----------------------------------	--

	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht
--	---

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: 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 Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: 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>	Bredies/Lorenz, Mathematische Bildverarbeitung, Vieweg, 2011 Wedel/Cremers, Stereo Scene Flow for 3D Motion Analysis, Springer 2011 Handels, Medizinische Bildverarbeitung, Vieweg, 2000 Pratt, Digital Image Processing, Wiley, 2001 Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall, 1989

## 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	1	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>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>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	<p>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>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	The students can jointly solve specific problems.		
<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.		
<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>	<p>Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht                      Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht                      Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: 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 Microelectronics Complements: Wahlpflicht</p>		

	Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: 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>	K.-D. Kammeyer, K. Kroschel: Digitale Signalverarbeitung. Vieweg Teubner. V. Oppenheim, R. W. Schafer, J. R. Buck: Zeitdiskrete Signalverarbeitung. Pearson StudiumA. V. W. Hess: Digitale Filter. Teubner. Oppenheim, R. W. Schafer: Digital signal processing. Prentice Hall. S. Haykin: Adaptive filter theory. L. B. Jackson: Digital filters and signal processing. Kluwer. T.W. Parks, C.S. Burrus: Digital filter design. Wiley.

<b>Lehrveranstaltung L0447: Digital Signal Processing and Digital Filters</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. Gerhard Bauch
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0563: Robotics			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Robotik: Modellierung und Regelung (L0168)	Vorlesung	3	3
Robotik: Modellierung und Regelung (L1305)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Uwe Weltin		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Fundamentals of electrical engineering Broad knowledge of mechanics Fundamentals of control theory		
<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 fundamental properties of robots and solution approaches for multiple problems in robotics. Students are able to derive and solve equations of motion for various manipulators.		
<b>Fertigkeiten</b>	Students can generate trajectories in various coordinate systems. Students can design linear and partially nonlinear controllers for robotic manipulators.		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<i>Sozialkompetenz</i> Students are able to work goal-oriented in small mixed groups. Students are able to recognize and improve knowledge deficits independently.		
<b>Selbstständigkeit</b>	With instructor assistance, students are able to evaluate their own knowledge level and define a further course of study.		
<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>	120 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Flugzeugsysteme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Kernqualifikation: Pflicht Mechatronics: Kernqualifikation: Pflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0168: Robotics: Modelling and Control	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	3
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42
<b>Dozenten</b>	Prof. Uwe Weltin
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Fundamental kinematics of rigid body systems Newton-Euler equations for manipulators Trajectory generation Linear and nonlinear control of robots
<b>Literatur</b>	Craig, John J.: Introduction to Robotics Mechanics and Control, Third Edition, Prentice Hall. ISBN 0201-54361-3 Spong, Mark W.; Hutchinson, Seth; Vidyasagar, M. : Robot Modeling and Control. WILEY. ISBN 0-471-64990-2

Lehrveranstaltung L1305: Robotics: Modelling and Control	
<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. Uwe Weltin
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

# Modul M0633: Industrial Process Automation

## Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Prozessautomatisierungstechnik (L0344)	Vorlesung	2	3
Prozessautomatisierungstechnik (L0345)	Gruppenübung	2	3

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Schlaefer
------------------------------	---------------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None
----------------------------------	------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	mathematics and optimization methods principles of automata principles of algorithms and data structures programming skills
---------------------------------	--

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
---	---

<b>Fachkompetenz</b>	The students can evaluate and assess discrete event systems. They can evaluate properties of processes and explain methods for process analysis. The students can compare methods for process modelling and select an appropriate method for actual problems. They can discuss scheduling methods in the context of actual problems and give a detailed explanation of advantages and disadvantages of different programming methods. The students can relate process automation to methods from robotics and sensor systems as well as to recent topics like 'cyberphysical systems' and 'industry 4.0'.
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able to develop and model processes and evaluate them accordingly. This involves taking into account optimal scheduling, understanding algorithmic complexity, and implementation using PLCs.
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	The students work in teams to solve problems.
<i>Selbstständigkeit</i>	The students can reflect their knowledge and document the results of their work.

<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
----------------------------------	-------------------------------------

<b>Leistungspunkte</b>	6
------------------------	---

Studienleistung	Verpflichtend	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
	Nein	10 %		Übungsaufgaben

<b>Prüfung</b>	Klausur
----------------	---------

<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 Minuten
----------------------------------	------------

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Kabinensysteme: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht
---	--

	Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht
--	--

Lehrveranstaltung L0344: Industrial Process Automation	
<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. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- foundations of problem solving and system modeling, discrete event systems</li> <li>- properties of processes, modeling using automata and Petri-nets</li> <li>- design considerations for processes (mutex, deadlock avoidance, liveness)</li> <li>- optimal scheduling for processes</li> <li>- optimal decisions when planning manufacturing systems, decisions under uncertainty</li> <li>- software design and software architectures for automation, PLCs</li> </ul>
<b>Literatur</b>	J. Lunze: „Automatisierungstechnik“, Oldenbourg Verlag, 2012 Reisig: Petrinetze: Modellierungstechnik, Analysemethoden, Fallstudien; Vieweg+Teubner 2010 Hruz, Zhou: Modeling and Control of Discrete-event Dynamic Systems; Springer 2007 Li, Zhou: Deadlock Resolution in Automated Manufacturing Systems, Springer 2009 Pinedo: Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Springer 2009

Lehrveranstaltung L0345: Industrial Process Automation	
<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. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0549: Wissenschaftliches Rechnen und Genauigkeit

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Einschließungsmethoden (L0122)	Vorlesung	2	3
Einschließungsmethoden (L1208)	Gruppenübung	2	3

**Modulverantwortlicher** Prof. Siegfried Rump

**Zulassungsvoraussetzungen** Keine

**Empfohlene Vorkenntnisse** Grundkenntnisse in numerischer Mathematik

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

Fachkompetenz	
<i>Wissen</i>	Die Studenten haben vertiefte Kenntnisse von numerischen und seminumerischen Methoden mit dem Ziel, prinzipiell exakte und genaue Fehlerschranken zu berechnen. Für diverse, grundlegende Problemstellungen kennen sie Algorithmen mit der Verifikation der Korrektheit des Resultats.
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studenten können für grundlegende Probleme Algorithmen entwerfen, die korrekte Fehlerschranken für die Lösung berechnen und gleichzeitig die Empfindlichkeit in bezug auf Variation der Eingabedaten analysieren.
Personale Kompetenzen	
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden können in kleinen Gruppen fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten und Ergebnisse in geeigneter Weise präsentieren, zum Beispiel während Kleingruppenübungen.
<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 ihren Wissensstand mit Hilfe vorlesungsbegleitender Maßnahmen (Quiz-Fragen in den Vorlesungen, klausurnahe Aufgaben) kontinuierlich überprüfen und auf dieser Basis ihre Lernprozesse steuern.

**Arbeitsaufwand in Stunden** Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56

**Leistungspunkte** 6

**Studienleistung** Keine

**Prüfung** Mündliche Prüfung

**Prüfungsdauer und -umfang** 30 min

Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht  
 Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht  
 Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Systemtechnik - Robotik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Wissenschaftliches Rechnen: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht
---	---

Lehrveranstaltung L0122: Einschließungsmethoden	
<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. Siegfried Rump
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnelle und optimale Intervallarithmetik</li> <li>• Fehlerfreie Transformationen</li> <li>• Verifikationsmethoden für lineare und nichtlineare Gleichungssysteme</li> <li>• Verifikationsmethoden für bestimmte Integrale</li> <li>• Behandlung mehrfacher Nullstellen</li> <li>• Automatische Differentiation</li> <li>• Implementierung in Matlab/INTLAB</li> <li>• Praktische Anwendungen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Neumaier: Interval Methods for Systems of Equations. In: Encyclopedia of Mathematics and its Applications. Cambridge University Press, 1990  S.M. Rump. Verification methods: Rigorous results using floating-point arithmetic. Acta Numerica, 19:287-449, 2010.

Lehrveranstaltung L1208: Einschließungsmethoden	
<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. Siegfried Rump
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0623: Intelligent Systems in Medicine			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Intelligente Systeme in der Medizin (L0331)	Vorlesung	2	3
Intelligente Systeme in der Medizin (L0334)	Projektseminar	2	2
Intelligente Systeme in der Medizin (L0333)	Gruppenübung	1	1
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Alexander Schlaefer		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• principles of math (algebra, analysis/calculus)</li> <li>• principles of stochastics</li> <li>• principles of programming, Java/C++ and R/Matlab</li> <li>• advanced programming skills</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	The students are able to analyze and solve clinical treatment planning and decision support problems using methods for search, optimization, and planning. They are able to explain methods for classification and their respective advantages and disadvantages in clinical contexts. The students can compare different methods for representing medical knowledge. They can evaluate methods in the context of clinical data and explain challenges due to the clinical nature of the data and its acquisition and due to privacy and safety requirements.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	The students can give reasons for selecting and adapting methods for classification, regression, and prediction. They can assess the methods based on actual patient data and evaluate the implemented methods.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	The students discuss the results of other groups, provide helpful feedback and can incorporate feedback into their work.		
<i>Selbstständigkeit</i>	The students can reflect their knowledge and document the results of their work. They can present the results in an appropriate manner.		
<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	10 %	Schriftliche Ausarbeitung
	Ja	10 %	Referat
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Systemtechnik - Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: 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 Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0331: Intelligent Systems in Medicine	
<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. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- methods for search, optimization, planning, classification, regression and prediction in a clinical context</li> <li>- representation of medical knowledge</li> <li>- understanding challenges due to clinical and patient related data and data acquisition</li> </ul> The students will work in groups to apply the methods introduced during the lecture using problem based learning.
<b>Literatur</b>	Russel & Norvig: Artificial Intelligence: a Modern Approach, 2012 Berner: Clinical Decision Support Systems: Theory and Practice, 2007 Greenes: Clinical Decision Support: The Road Ahead, 2007 Further literature will be given in the lecture

Lehrveranstaltung L0334: Intelligent Systems in Medicine	
<b>Typ</b>	Projektseminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Lehrveranstaltung L0333: Intelligent Systems in Medicine	
<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. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

# Modul M0846: Control Systems Theory and Design

## Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Theorie und Entwurf regelungstechnischer Systeme (L0656)	Vorlesung	2	4
Theorie und Entwurf regelungstechnischer Systeme (L0657)	Gruppenübung	2	2

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Herbert Werner
------------------------------	----------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None
----------------------------------	------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Introduction to Control Systems
---------------------------------	---------------------------------

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
---	---

<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain how linear dynamic systems are represented as state space models; they can interpret the system response to initial states or external excitation as trajectories in state space</li> <li>• They can explain the system properties controllability and observability, and their relationship to state feedback and state estimation, respectively</li> <li>• They can explain the significance of a minimal realisation</li> <li>• They can explain observer-based state feedback and how it can be used to achieve tracking and disturbance rejection</li> <li>• They can extend all of the above to multi-input multi-output systems</li> <li>• They can explain the z-transform and its relationship with the Laplace Transform</li> <li>• They can explain state space models and transfer function models of discrete-time systems</li> <li>• They can explain the experimental identification of ARX models of dynamic systems, and how the identification problem can be solved by solving a normal equation</li> <li>• They can explain how a state space model can be constructed from a discrete-time impulse response</li> </ul>
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can transform transfer function models into state space models and vice versa</li> <li>• They can assess controllability and observability and construct minimal realisations</li> <li>• They can design LQG controllers for multivariable plants</li> <li>• They can carry out a controller design both in continuous-time and discrete-time domain, and decide which is appropriate for a given sampling rate</li> <li>• They can identify transfer function models and state space models of dynamic systems from experimental data</li> <li>• They can carry out all these tasks using standard software tools (Matlab Control Toolbox, System Identification Toolbox, Simulink)</li> </ul>
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can work in small groups on specific problems to arrive at joint solutions.
<i>Selbstständigkeit</i>	Students can obtain information from provided sources (lecture notes, software documentation, experiment guides) and use it when solving given problems. They can assess their knowledge in weekly on-line tests and thereby control their learning progress.

<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>	120 min
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	<p>Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht                      Elektrotechnik: Kernqualifikation: Pflicht                      Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht                      Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Flugzeugsysteme: Pflicht                      Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Avionik und Eingebettete Systeme: Wahlpflicht                      Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht                      Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht                      Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht                      Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht                      Mechatronics: Kernqualifikation: Pflicht                      Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht                      Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht                      Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Pflicht                      Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht                      Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht                      Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht</p>

Lehrveranstaltung L0656: Control Systems Theory and Design	
<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. Herbert Werner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>State space methods (single-input single-output)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• State space models and transfer functions, state feedback</li> <li>• Coordinate basis, similarity transformations</li> <li>• Solutions of state equations, matrix exponentials, Caley-Hamilton Theorem</li> <li>• Controllability and pole placement</li> <li>• State estimation, observability, Kalman decomposition</li> <li>• Observer-based state feedback control, reference tracking</li> <li>• Transmission zeros</li> <li>• Optimal pole placement, symmetric root locus</li> </ul> <p>Multi-input multi-output systems</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transfer function matrices, state space models of multivariable systems, Gilbert realization</li> <li>• Poles and zeros of multivariable systems, minimal realization</li> <li>• Closed-loop stability</li> <li>• Pole placement for multivariable systems, LQR design, Kalman filter</li> </ul> <p>Digital Control</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discrete-time systems: difference equations and z-transform</li> <li>• Discrete-time state space models, sampled data systems, poles and zeros</li> <li>• Frequency response of sampled data systems, choice of sampling rate</li> </ul> <p>System identification and model order reduction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Least squares estimation, ARX models, persistent excitation</li> <li>• Identification of state space models, subspace identification</li> <li>• Balanced realization and model order reduction</li> </ul> <p>Case study</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelling and multivariable control of a process evaporator using Matlab and Simulink</li> </ul> <p>Software tools</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Matlab/Simulink</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werner, H., Lecture Notes „Control Systems Theory and Design“</li> <li>• T. Kailath "Linear Systems", Prentice Hall, 1980</li> <li>• K.J. Astrom, B. Wittenmark "Computer Controlled Systems" Prentice Hall, 1997</li> <li>• L. Ljung "System Identification - Theory for the User", Prentice Hall, 1999</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0657: Control Systems Theory and Design</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Herbert Werner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

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	1	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>	<p>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.</p> <p>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.</p>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p>Die Studierenden können in fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus geeigneten Literaturquellen selbständig 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.</p>		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>			
<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	Schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht 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-		

<b>Curricula</b>	Systeme, Schwerpunkt Netze: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht
------------------	--

Lehrveranstaltung L0444: Digitale Nachrichtenübertragung	
<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>	K. Kammeyer: Nachrichtenübertragung, Teubner P.A. Höher: Grundlagen der digitalen Informationsübertragung, Teubner. J.G. Proakis, M. Salehi: Digital Communications. McGraw-Hill. S. Haykin: Communication Systems. Wiley R.G. Gallager: Principles of Digital Communication. Cambridge A. Goldsmith: Wireless Communication. Cambridge. D. Tse, P. Viswanath: Fundamentals of Wireless Communication. Cambridge.

Lehrveranstaltung L0445: Digitale Nachrichtenübertragung	
<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. 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 M0881: Mathematische Bildverarbeitung

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Mathematische Bildverarbeitung (L0991)	Vorlesung	3	4
Mathematische Bildverarbeitung (L0992)	Gruppenübung	1	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Marko Lindner		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analysis: partielle Ableitungen, Gradient, Richtungsableitung</li> <li>Lineare Algebra: Eigenwerte, lineares Ausgleichsproblem</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Die Studierenden können		
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Klassen von Diffusionsgleichungen charakterisieren und vergleichen</li> <li>elementare Methoden der Bildverarbeitung erklären</li> <li>Methoden zur Segmentierung und Registrierung erläutern</li> <li>funktionalanalytische Grundlagen skizzieren und gegenüberstellen</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>elementare Methoden der Bildverarbeitung implementieren und anwenden</li> <li>moderne Methoden der Bildverarbeitung erklären und anwenden</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende können in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten und sich theoretische Grundlagen erklären.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Studierende können eigenständig ihr Verständnis mathematischer Konzepte überprüfen, noch offene Fragen auf den Punkt bringen und sich gegebenenfalls gezielt Hilfe holen.</li> <li>Studierende haben eine genügend hohe Ausdauer entwickelt, um auch über längere Zeiträume an schwierigen Problemstellungen zu arbeiten.</li> </ul>		
<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>	20 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Modellierung und Simulation: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0991: Mathematische Bildverarbeitung	
<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. Marko Lindner
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementare Methoden der Bildverarbeitung</li> <li>• Glättungsfiler</li> <li>• Grundlagen der Diffusions- bzw. Wärmeleitgleichung</li> <li>• Variationsformulierungen in der Bildverarbeitung</li> <li>• Kantenerkennung</li> <li>• Entfaltung</li> <li>• Inpainting</li> <li>• Segmentierung</li> <li>• Registrierung</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Bredies/Lorenz: Mathematische Bildverarbeitung

Lehrveranstaltung L0992: Mathematische Bildverarbeitung	
<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. Marko Lindner
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M1336: Soft-Computing - Einführung in Maschinenlernen

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Soft-Computing (L1869)	Vorlesung	4	6

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann
------------------------------	-----------------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
----------------------------------	-------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Bachelor-Informatik. Grundlagen in Analysis, Linearer Algebra, Graphentheorie und Optimierung.
---------------------------------	---

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
---	---

<b>Fachkompetenz</b>	<p>Die Studierenden kennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Aufbau von Bayesschen Netzen,</li> <li>• Inferenz- (Viterbi) und Lernverfahren (EM, Baum-Welch) im Hidden-Markov-Model,</li> <li>• Inferenz- (Felsenstein) und Parameterschätzung (PAM) im Hidden-Tree-Markov-Model (Abstammungsbäume),</li> <li>• Inferenzverfahren (Needleman-Wunsch) und dessen parametrisierte Verallgemeinerung (Polytope-Propagation) im Pair-Hidden-Markov-Model (Sequenzen-Alignment),</li> <li>• Inferenzverfahren und Lernverfahren für Strukturen und Wahrscheinlichkeiten in allgemeinen Bayesschen Netzen,</li> <li>• Aufbau und Arbeitsweise des Multiplayer-Perceptrons und zugehöriges überwachtes Lernverfahren (Backpropagation),</li> <li>• Aufbau von Kolmogorov-Netzwerken,</li> <li>• Aufbau und Arbeitsweise von Hopfieldnetzen und das physikalische Isingmodell,</li> <li>• Aufbau und Arbeitsweise von selbstorganisierenden Netzen,</li> <li>• Aufbau und Wirkungsweise von Boltzmann-Maschinen,</li> <li>• die Theorie der triangularen Normen,</li> <li>• Fuzzysets, Fuzzylogik sowie Aufbau und Konstruktion von Fuzzyreglern.</li> </ul>
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die einschlägigen Algorithmen anwenden und deren Komplexität berechnen,</li> <li>• die Statistik-Sprache R auf spezifische Aufgaben anwenden.</li> </ul>
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, fachspezifische Aufgaben alleine oder in einer Gruppe zu bearbeiten und die Resultate geeignet zu präsentieren.
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, sich Teilbereiche des Fachgebietes anhand von einschlägiger Fachliteratur selbständig zu erarbeiten, das erworbene Wissen zusammenzufassen, zu präsentieren und es mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen zu verknüpfen.

<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>	25 min
----------------------------------	--------

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht
---	--

Lehrveranstaltung L1869: Soft-Computing	
<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. Karl-Heinz Zimmermann
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Die Studierenden kennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Aufbau von Bayesschen Netzen,</li> <li>• Inferenz- (Viterbi) und Lernverfahren (EM, Baum-Welch) im Hidden-Markov-Modell,</li> <li>• Inferenz- (Felsenstein) und Parameterschätzung (PAM) im Hidden-Tree-Markov-Modell (Abstammungsbäume),</li> <li>• Inferenzverfahren (Needleman-Wunsch) und parametrisierte Verallgemeinerung (Polytope-Propagation) im Pair-Hidden-Markov-Modell (Sequenzalignment),</li> <li>• Inferenz-, Strukturerkennungs- und Lernverfahren in allgemeinen Bayesschen Netzen,</li> <li>• Aufbau und Arbeitsweise des Multiplayer-Perceptrons und zugehöriges überwachtetes Lernverfahren (Backpropagation),</li> <li>• Aufbau von Kolmogorov-Netzwerken,</li> <li>• Aufbau und Arbeitsweise von Hopfieldnetzen und das physikalische Isingmodell,</li> <li>• Aufbau und Arbeitsweise von selbstorganisierenden Netzen,</li> <li>• Aufbau und Wirkungsweise von Boltzmann-Maschinen,</li> <li>• die Theorie der triangularen Normen,</li> <li>• Fuzzysets, Fuzzylogik sowie Aufbau und Konstruktion von Fuzzyreglern.</li> </ul> <p>Die Studierenden können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die einschlägigen Algorithmen anwenden und deren Komplexität berechnen,</li> <li>• die Statistik-Sprache R auf spezifische Aufgaben anwenden.</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. David Barber, Bayes Reasoning and Machine Learning, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2012.</li> <li>2. Volker Claus, Stochastische Automaten, Teubner, Stuttgart, 1971.</li> <li>3. Ernst Klement, Radko Mesiar, Endre Pap, Triangular Norms, Kluwer, Dordrecht, 2000.</li> <li>4. Timo Koski, John M. Noble, Bayesian Networks, Wiley, New York, 2009.</li> <li>5. Dimitris Margaritis, Learning Bayesian Network Model Structure from Data, PhD thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2003.</li> <li>6. Hidetoshi Nishimori, Statistical Physics of Spin Glasses and Information Processing, Oxford Univ. Press, London, 2001.</li> <li>7. James R. Norris, Markov Chains, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1996.</li> <li>8. Maria Rizzo, Statistical Computing with R, Chapman &amp; Hall/CRC, Boca Raton, 2008.</li> <li>9. Peter Spirtes, Clark Glymour, Richard Scheines, Causation, Prediction, and Search, Springer, New York, 1993.</li> <li>10. Raul Royas, Neural Networks, Springer, Berlin, 1996.</li> <li>11. Lior Pachter, Bernd Sturmfels, Algebraic Statistics for Computational Biology, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2005.</li> <li>12. David A. Sprecher, From Algebra to Computational Algorithms, Docent Press, Boston, 2017.</li> <li>13. Karl-Heinz Zimmermann, Algebraic Statistics, TubDok, Hamburg, 2016.</li> </ol>

## Modul M0629: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Intelligente Autonome Agenten und kognitive Robotik (L0341)	Vorlesung	2	4
Intelligente Autonome Agenten und kognitive Robotik (L0512)	Gruppenübung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	Rainer Marrone		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Vectors, matrices, Calculus		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i></p> <p>Students can explain the agent abstraction, define intelligence in terms of rational behavior, and give details about agent design (goals, utilities, environments). They can describe the main features of environments. The notion of adversarial agent cooperation can be discussed in terms of decision problems and algorithms for solving these problems. For dealing with uncertainty in real-world scenarios, students can summarize how Bayesian networks can be employed as a knowledge representation and reasoning formalism in static and dynamic settings. In addition, students can define decision making procedures in simple and sequential settings, with and with complete access to the state of the environment. In this context, students can describe techniques for solving (partially observable) Markov decision problems, and they can recall techniques for measuring the value of information. Students can identify techniques for simultaneous localization and mapping, and can explain planning techniques for achieving desired states. Students can explain coordination problems and decision making in a multi-agent setting in term of different types of equilibria, social choice functions, voting protocol, and mechanism design techniques.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Students can select an appropriate agent architecture for concrete agent application scenarios. For simplified agent application students can derive decision trees and apply basic optimization techniques. For those applications they can also create Bayesian networks/dynamic Bayesian networks and apply bayesian reasoning for simple queries. Students can also name and apply different sampling techniques for simplified agent scenarios. For simple and complex decision making students can compute the best action or policies for concrete settings. In multi-agent situations students will apply techniques for finding different equilibria states,e.g., Nash equilibria. For multi-agent decision making students will apply different voting protocols and compare and explain the results.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Students are able to discuss their solutions to problems with others. They communicate in English</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Students are able of checking their understanding of complex concepts by solving varaints of concrete problems</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>	90 Minuten		
	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie:		

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: 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 Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht
---	---

Lehrveranstaltung L0341: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Rainer Marrone
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition of agents, rational behavior, goals, utilities, environment types</li> <li>• Adversarial agent cooperation: Agents with complete access to the state(s) of the environment, games, Minimax algorithm, alpha-beta pruning, elements of chance</li> <li>• Uncertainty: Motivation: agents with no direct access to the state(s) of the environment, probabilities, conditional probabilities, product rule, Bayes rule, full joint probability distribution, marginalization, summing out, answering queries, complexity, independence assumptions, naive Bayes, conditional independence assumptions</li> <li>• Bayesian networks: Syntax and semantics of Bayesian networks, answering queries revised (inference by enumeration), typical-case complexity, pragmatics: reasoning from effect (that can be perceived by an agent) to cause (that cannot be directly perceived).</li> <li>• Probabilistic reasoning over time: Environmental state may change even without the agent performing actions, dynamic Bayesian networks, Markov assumption, transition model, sensor model, inference problems: filtering, prediction, smoothing, most-likely explanation, special cases: hidden Markov models, Kalman filters, Exact inferences and approximations</li> <li>• Decision making under uncertainty: Simple decisions: utility theory, multivariate utility functions, dominance, decision networks, value of informatio Complex decisions: sequential decision problems, value iteration, policy iteration, MDPs Decision-theoretic agents: POMDPs, reduction to multidimensional continuous MDPs, dynamic decision networks</li> <li>• Simultaneous Localization and Mapping</li> <li>• Planning</li> <li>• Game theory (Golden Balls: Split or Share) Decisions with multiple agents, Nash equilibrium, Bayes-Nash equilibrium</li> <li>• Social Choice Voting protocols, preferences, paradoxes, Arrow's Theorem,</li> <li>• Mechanism Design Fundamentals, dominant strategy implementation, Revelation Principle, Gibbard-Satterthwaite Impossibility Theorem, Direct mechanisms, incentive compatibility, strategy-proofness, Vickrey-Groves-Clarke mechanisms, expected externality mechanisms, participation constraints, individual rationality, budget balancedness, bilateral trade, Myerson-Satterthwaite Theorem</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Artificial Intelligence: A Modern Approach (Third Edition), Stuart Russell, Peter Norvig, Prentice Hall, 2010, Chapters 2-5, 10-11, 13-17</li> <li>2. Probabilistic Robotics, Thrun, S., Burgard, W., Fox, D. MIT Press 2005</li> <li>3. Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations, Yoav Shoham, Kevin Leyton-Brown, Cambridge University Press, 2009</li> </ol>

<b>Lehrveranstaltung L0512: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Rainer Marrone
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M1271: Technischer Ergänzungskurs II für CSMS (laut FSPO)

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<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>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden erwerben weitergehende Kenntnisse in einem an der TUHH vertretenen technischen Fach.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden erwerben weitergehende Fertigkeiten in einem an der TUHH ansässigen technischen Fach.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Die Studierenden sind in der Lage, alleine oder in kleinen Gruppen weitergehende Kenntnisse und Fähigkeiten in einem an der TUHH vertretenen technischen Fach zu erwerben.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können die wesentlichen Inhalte des technischen Faches im Rahmen eines Vortrages oder einer Diskussion wiedergeben.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht		

Modul M1302: Angewandte Humanoide Robotik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Angewandte Humanoide Robotik (L1794)	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung	6	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Patrick Götttsch		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objektorientierte Programmierung, Algorithmen und Datenstrukturen</li> <li>• Grundlagen der Regelungstechnik</li> <li>• Control systems theory and design</li> <li>• Mechanik</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können Eigenschaften der humanoiden Robotik nennen und erläutern.</li> <li>• Die Studierenden können die grundlegenden Theorien, Zusammenhänge und Methoden der Vorwärts- &amp; Rückwärtskinematik von humanoiden Robotersystemen erklären.</li> <li>• Die Studierenden können Regelkonzepte für verschiedene Aufgaben der Humanoiden Robotik anwenden.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können in fachlich gemischten Teams gemeinsame Lösungen entwickeln und diese vor anderen vertreten.</li> <li>• Sie sind in der Lage angemessenes Feedback zu geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umzugehen.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus den angegebenen Literaturquellen zu beschaffen und in den Kontext der Lehrveranstaltung zu setzen.</li> <li>• Sie können sich eigenständig Aufgaben definieren und geeignete Mittel zur Umsetzung einsetzen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Schriftliche Ausarbeitung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	5-10 Seiten		
	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht		

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht
---	--

<b>Lehrveranstaltung L1794: Angewandte Humanoide Robotik</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	6
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84
<b>Dozenten</b>	Patrick Götsch
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Kinematik</li> <li>• Grundlagen der statischen und dynamischen Stabilität humanoider Robotersysteme</li> <li>• Verknüpfung verschiedener Entwicklungsumgebungen (Matlab, C++, etc.)</li> <li>• Einarbeitung in die notwendigen Frameworks</li> <li>• Bearbeitung einer Projektaufgabe im Team</li> <li>• Präsentation und Demonstration von Zwischen- und Endergebnissen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• B. Siciliano, O. Khatib. "Handbook of Robotics. Part A: Robotics Foundations", Springer (2008)</li> </ul>

# Modul M0551: Pattern Recognition and Data Compression

## Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Mustererkennung und Datenkompression (L0128)	Vorlesung	4	6

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Rolf-Rainer Grigat
------------------------------	--------------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None
----------------------------------	------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Linear algebra (including PCA, unitary transforms), stochastics and statistics, binary arithmetics
---------------------------------	--

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
---	---

<b>Fachkompetenz</b>	<p>Students can name the basic concepts of pattern recognition and data compression.</p> <p><i>Wissen</i> Students are able to discuss logical connections between the concepts covered in the course and to explain them by means of examples.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Students can apply statistical methods to classification problems in pattern recognition and to prediction in data compression. On a sound theoretical and methodical basis they can analyze characteristic value assignments and classifications and describe data compression and video signal coding. They are able to use highly sophisticated methods and processes of the subject area. Students are capable of assessing different solution approaches in multidimensional decision-making areas.</p>
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> k.A.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are capable of identifying problems independently and of solving them scientifically, using the methods they have learnt.</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>	<p>Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht</p> <p>Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht</p> <p>Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht</p> <p>Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht</p> <p>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht</p> <p>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht</p> <p>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht</p>
---	--

<b>Lehrveranstaltung L0128: Pattern Recognition and Data Compression</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>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Structure of a pattern recognition system, statistical decision theory, classification based on statistical models, polynomial regression, dimension reduction, multilayer perceptron regression, radial basis functions, support vector machines, unsupervised learning and clustering, algorithm-independent machine learning, mixture models and EM, adaptive basis function models and boosting, Markov random fields</p> <p>Information, entropy, redundancy, mutual information, Markov processes, basic coding schemes (code length, run length coding, prefix-free codes), entropy coding (Huffman, arithmetic coding), dictionary coding (LZ77/Deflate/LZMA2, LZ78/LZW), prediction, DPCM, CALIC, quantization (scalar and vector quantization), transform coding, prediction, decorrelation (DPCM, DCT, hybrid DCT, JPEG, JPEG-LS), motion estimation, subband coding, wavelets, HEVC (H.265,MPEG-H)</p>
<b>Literatur</b>	<p>Schürmann: Pattern Classification, Wiley 1996          Murphy, Machine Learning, MIT Press, 2012          Barber, Bayesian Reasoning and Machine Learning, Cambridge, 2012          Duda, Hart, Stork: Pattern Classification, Wiley, 2001          Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer 2006</p> <p>Salomon, Data Compression, the Complete Reference, Springer, 2000          Sayood, Introduction to Data Compression, Morgan Kaufmann, 2006          Ohm, Multimedia Communication Technology, Springer, 2004          Solari, Digital video and audio compression, McGraw-Hill, 1997          Tekalp, Digital Video Processing, Prentice Hall, 1995</p>

## Modul M0630: Robotics and Navigation in Medicine

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Robotik und Navigation in der Medizin (L0335)	Vorlesung	2	3
Robotik und Navigation in der Medizin (L0338)	Projektseminar	2	2
Robotik und Navigation in der Medizin (L0336)	Gruppenübung	1	1

**Modulverantwortlicher** Prof. Alexander Schlaefer

**Zulassungsvoraussetzungen** None

- Empfohlene Vorkenntnisse**
- principles of math (algebra, analysis/calculus)
  - principles of programming, e.g., in Java or C++
  - solid R or Matlab skills

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

<b>Fachkompetenz</b>	The students can explain kinematics and tracking systems in clinical contexts and illustrate systems and their components in detail. Systems can be evaluated with respect to collision detection and safety and regulations. Students can assess typical systems regarding design and limitations.
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	The students are able to design and evaluate navigation systems and robotic systems for medical applications.
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	The students discuss the results of other groups, provide helpful feedback and can incorporate feedback into their work.
<i>Selbstständigkeit</i>	The students can reflect their knowledge and document the results of their work. They can present the results in an appropriate manner.

**Arbeitsaufwand in Stunden** Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70

**Leistungspunkte** 6

Studienleistung	Verpflichten	Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
Ja	10 %		Schriftliche Ausarbeitung	
Ja	10 %		Referat	

**Prüfung** Klausur

**Prüfungsdauer und -umfang** 90 Minuten

**Zuordnung zu folgenden Curricula**

Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht  
 Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht  
 Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht  
 Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: 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  
 Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht  
 Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht  
 Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht  
 Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht

**Lehrveranstaltung L0335: Robotics and Navigation in Medicine**

<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. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kinematics</li> <li>- calibration</li> <li>- tracking systems</li> <li>- navigation and image guidance</li> <li>- motion compensation</li> </ul> The seminar extends and complements the contents of the lecture with respect to recent research results.
<b>Literatur</b>	Spong et al.: Robot Modeling and Control, 2005 Troccaz: Medical Robotics, 2012 Further literature will be given in the lecture.

**Lehrveranstaltung L0338: Robotics and Navigation in Medicine**

<b>Typ</b>	Projektseminar
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

**Lehrveranstaltung L0336: Robotics and Navigation in Medicine**

<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. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M1310: Diskrete Differentialgeometrie

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Diskrete Differentialgeometrie (L1808)	Vorlesung	4	6
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Mathematik I-III		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Diese Vorlesung befaßt sich mit geometrischen Aspekten der Lösungen von Differentialgleichungen und ihrer Umsetzung auf den Rechner. Die benötigten Grundlagen aus linearer Algebra und Analysis werden zu Beginn resümiert. Anwendungen ergeben sich in der Behandlung gekrümmter Flächen, der Mechanik und Mechatronik, verschiedenen Typen von Feldgleichungen, und in der Übertragung mathematischer Konstruktionen in Datentypen, Compilerfunktionen, Programmiersprachen und spezielle Rechenwerke.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundbegriffe aus der linearen Algebra, Tensoren, äußere Algebra, Clifford-Algebren</li> <li>- Grundbegriffe der Analysis in koordinatenfreier Formulierung, Vektorfelder und Differenzialformen, Integration, Diskretisierung</li> <li>- Lokale Differentialgeometrie: Zusammenhänge, symplektische Geometrie und Hamilton'sche Systeme, Riemann'sche Geometrie, Diskretisierung</li> <li>- Globale Differentialgeometrie: Mannigfaltigkeiten, Liegruppen, Faserbündel, Zufallsprozesse, Raum und Zeit</li> </ul> <p>Literatur:</p> <p>Agricola, Friedrich Vektoranalysis, Vieweg/Teubner 2010</p> <p>A. C. Da Silva, Lectures on Symplectic Geometry, Springer L.N. Math. 1764</p> <p>J. Snugg, Differential Geometry using Clifford's Algebra, Birkhäuser 2010</p> <p>M. Desbrun et al., Discrete exterior calculus, arXiv:math/0508341v2</p> <p>J. E. Marsden et al., Discrete Mechanics and Variational Integrators, Acta Num. 2001</p>		
<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>	25 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1808: Diskrete Differentialgeometrie	
<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. Georg Friedrich Mayer-Lindenberg
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Diese Vorlesung befaßt sich mit geometrischen Aspekten von Differentialgleichungen und ihrer Bearbeitung auf den Rechner. Die benötigten Grundlagen aus linearer Algebra und Analysis werden zu Beginn resümiert. Anwendungen ergeben sich in der Behandlung gekrümmter Flächen, der klassischen Mechanik und Mechatronik, verschiedenen Typen von Feldgleichungen, in der Computergraphik und der Übertragung mathematischer Konstruktionen in Datentypen, Compilerfunktionen, Programmiersprachen und spezielle Rechenwerke. Stichworte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundbegriffe aus der linearen Algebra, Tensoren, äußere Algebra, Clifford-Algebren, Tupeltypen</li> <li>- Grundbegriffe der Analysis in koordinatenfreier Formulierung, Vektorfelder und Differenzialformen, Integration, Diskretisierung</li> <li>- Lokale Differenzialgeometrie: Zusammenhänge, Symplektische Geometrie, Riemann'sche Geometrie, Diskretisierung</li> <li>- Globale Differenzialgeometrie: Mannigfaltigkeiten, Liegruppen, Faserbündel, Fourier-Zerlegung, Zufallsprozesse, Raum und Zeit</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Agricola, Friedrich, Vektoranalysis, Vieweg/Teubner 2010</p> <p>A.C. Da Silva, Lectures on Symplectic Geometry, Springer L.N. Math. 1764</p> <p>J. Snugg, Differential Geometry using Clifford's Algebra, Birkhäuser 2010</p> <p>T. Frankel, The Geometry of Physics, Cambridge U. P. 2012</p> <p>M.Desbrun et al., Discrete exterior calculus, arXiv:math/0508341 v2</p> <p>J.Marsden et al., Discrete Mechanics and Variational Integrators, Acta numerica. 2001</p>

## Modul M0673: Informationstheorie und Codierung

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Informationstheorie und Codierung (L0436)	Vorlesung	3	4
Informationstheorie und Codierung (L0438)	Hörsaalübung	1	2

<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>Wahrscheinlichkeitsrechnung und Stochastische Prozesse</li> <li>Grundkenntnisse der Nachrichtentechnik, z.B. aus der Vorlesung "Einführung in die Nachrichtentechnik und deren stochastische Methoden"</li> </ul>
---------------------------------	--

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
---	---

<b>Fachkompetenz</b>	<p>Die Studierenden kennen die grundlegenden Definitionen zur informationstheoretischen Quantifizierung von Information. Sie kennen das Shannonsche Quellencodierungstheorem sowie das Kanalcodierungstheorem und können damit Grenzen der Kompression bzw. der fehlerfreien Datenübertragung bestimmen. Sie verstehen die Grundprinzipien der Datenkompression (Quellencodierung) und der fehlererkennenden und fehlerkorrigierenden Kanalcodierung. Sie sind mit den Prinzipien der Decodierung vertraut, insbesondere mit modernen Verfahren der iterativen Decodierung. Sie kennen grundlegende Codierverfahren, deren Eigenschaften und Decodierverfahren.</p>
<i>Wissen</i>	
<b>Fertigkeiten</b>	<p>Die Studierenden sind in der Lage, die Grenzen der Datenkompression bzw. der Datenübertragungsrate für gestörte Kanäle zu bestimmen und damit ein Übertragungsverfahren zu dimensionieren. Sie sind in der Lage, die Parameter eines fehlererkennenden bzw. fehlerkorrigierenden Kanalcodierungsverfahrens zum Erreichen gegebener Zielvorgaben abzuschätzen. Sie sind in der Lage, die Eigenschaften grundlegender Kanalcodierungs- und Decodierungsverfahren hinsichtlich Fehlerkorrektureigenschaften, Decodierverzögerung und Decodierkomplexität zu vergleichen und ein geeignetes Verfahren auszuwählen. Sie sind in der Lage, grundlegende Codier- und Decodierverfahren in Software zu implementieren.</p>
<i>Fertigkeiten</i>	
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	<p>Die Studierenden können in fachspezifische Aufgaben gemeinsam bearbeiten.</p>
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>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.</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>	90 min
----------------------------------	--------

	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht
--	---

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Kernqualifikation: Pflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht
---	---

Lehrveranstaltung L0436: Informationstheorie und Codierung	
<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>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Informationstheorie                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Selbstinformation, Entropie, Mutual Information</li> <li>◦ Quellencodierungstheorem, Kanalcodierungstheorem</li> <li>◦ Kanalkapazität verschiedener Kanäle</li> </ul> </li> <li>• Grundlegende Algorithmen der Quellencodierung:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Huffman Code, Lempel Ziv Algorithmus</li> </ul> </li> <li>• Grundlagen der Kanalcodierung                             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Grundlegende Parameter der Kanalcodierung und deren Abschätzung durch obere und untere Schranken</li> <li>◦ Prinzipien der Decodierung: Maximum-A-Posteriori Decodierung, Maximum-Likelihood Decodierung, Hard-Decision-Decodierung und Soft-Decision-Decodierung</li> <li>◦ Bestimmung der Fehlerwahrscheinlichkeit</li> </ul> </li> <li>• Blockcodes</li> <li>• Low Density Parity Check (LDPC) Codes und iterative Decodierung</li> <li>• Faltungscodes und Viterbi-Decodierung</li> <li>• Turbo Codes und iterative Decodierung</li> <li>• Codierte Modulation</li> </ul>
<b>Literatur</b>	Bossert, M.: Kanalcodierung. Oldenbourg. Friedrichs, B.: Kanalcodierung. Springer. Lin, S., Costello, D.: Error Control Coding. Prentice Hall. Roth, R.: Introduction to Coding Theory. Johnson, S.: Iterative Error Correction. Cambridge. Richardson, T., Urbanke, R.: Modern Coding Theory. Cambridge University Press. Gallager, R. G.: Information theory and reliable communication. Wiley-VCH Cover, T., Thomas, J.: Elements of information theory. Wiley.

<b>Lehrveranstaltung L0438: Informationstheorie und Codierung</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. Gerhard Bauch
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

# Modul M0840: Optimal and Robust Control

## Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Optimale und robuste Regelung (L0658)	Vorlesung	2	3
Optimale und robuste Regelung (L0659)	Gruppenübung	2	3

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Herbert Werner
------------------------------	----------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None
----------------------------------	------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classical control (frequency response, root locus)</li> <li>State space methods</li> <li>Linear algebra, singular value decomposition</li> </ul>
---------------------------------	---

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
---	---

<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Students can explain the significance of the matrix Riccati equation for the solution of LQ problems.</li> <li>They can explain the duality between optimal state feedback and optimal state estimation.</li> <li>They can explain how the H2 and H-infinity norms are used to represent stability and performance constraints.</li> <li>They can explain how an LQG design problem can be formulated as special case of an H2 design problem.</li> <li>They can explain how model uncertainty can be represented in a way that lends itself to robust controller design</li> <li>They can explain how - based on the small gain theorem - a robust controller can guarantee stability and performance for an uncertain plant.</li> <li>They understand how analysis and synthesis conditions on feedback loops can be represented as linear matrix inequalities.</li> </ul>
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Students are capable of designing and tuning LQG controllers for multivariable plant models.</li> <li>They are capable of representing a H2 or H-infinity design problem in the form of a generalized plant, and of using standard software tools for solving it.</li> <li>They are capable of translating time and frequency domain specifications for control loops into constraints on closed-loop sensitivity functions, and of carrying out a mixed-sensitivity design.</li> <li>They are capable of constructing an LFT uncertainty model for an uncertain system, and of designing a mixed-objective robust controller.</li> <li>They are capable of formulating analysis and synthesis conditions as linear matrix inequalities (LMI), and of using standard LMI-solvers for solving them.</li> <li>They can carry out all of the above using standard software tools (Matlab robust control toolbox).</li> </ul>
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can work in small groups on specific problems to arrive at joint solutions.
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to find required information in sources provided (lecture notes, literature, software documentation) and use it to solve given problems.

<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>	<p>Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht</p> <p>Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht</p> <p>Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht</p> <p>Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Flugzeugsysteme: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht</p> <p>Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht</p> <p>Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht</p> <p>Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht</p> <p>Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht</p> <p>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht</p> <p>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht</p> <p>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht</p> <p>Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht</p> <p>Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht</p>

Lehrveranstaltung L0658: Optimal and Robust Control	
<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. Herbert Werner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimal regulator problem with finite time horizon, Riccati differential equation</li> <li>• Time-varying and steady state solutions, algebraic Riccati equation, Hamiltonian system</li> <li>• Kalman's identity, phase margin of LQR controllers, spectral factorization</li> <li>• Optimal state estimation, Kalman filter, LQG control</li> <li>• Generalized plant, review of LQG control</li> <li>• Signal and system norms, computing <math>H_2</math> and <math>H_\infty</math> norms</li> <li>• Singular value plots, input and output directions</li> <li>• Mixed sensitivity design, <math>H_\infty</math> loop shaping, choice of weighting filters</li> <li>• Case study: design example flight control</li> <li>• Linear matrix inequalities, design specifications as LMI constraints (<math>H_2</math>, <math>H_\infty</math> and pole region)</li> <li>• Controller synthesis by solving LMI problems, multi-objective design</li> <li>• Robust control of uncertain systems, small gain theorem, representation of parameter uncertainty</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werner, H., Lecture Notes: "Optimale und Robuste Regelung"</li> <li>• Boyd, S., L. El Ghaoui, E. Feron and V. Balakrishnan "Linear Matrix Inequalities in Systems and Control", SIAM, Philadelphia, PA, 1994</li> <li>• Skogestad, S. and I. Postlewaite "Multivariable Feedback Control", John Wiley, Chichester, England, 1996</li> <li>• Strang, G. "Linear Algebra and its Applications", Harcourt Brace Jovanovic, Orlando, FA, 1988</li> <li>• Zhou, K. and J. Doyle "Essentials of Robust Control", Prentice Hall International, Upper Saddle River, NJ, 1998</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0659: Optimal and Robust Control	
<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. Herbert Werner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0711: Numerische Mathematik II

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Numerische Mathematik II (L0568)	Vorlesung	2	3
Numerische Mathematik II (L0569)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Sabine Le Borne		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Numerische Mathematik I</li> <li>MATLAB Kenntnisse</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>weiterführende numerische Verfahren zur Interpolation, Integration, Lösung von Ausgleichproblemen, Lösung von Eigenwertproblemen und nichtlinearen Nullstellenproblemen benennen und deren Kernideen erläutern,</li> <li>Konvergenzaussagen zu den numerischen Methoden wiedergeben,</li> <li>Konvergenzbeweise skizzieren,</li> <li>Aspekte der praktischen Durchführung numerischer Verfahren im Hinblick auf Rechenzeit und Speicherbedarf erklären.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<b>Fertigkeiten</b>	<p>Studierende sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>vertiefende numerische Methoden in MATLAB zu implementieren, anzuwenden und zu vergleichen,</li> <li>das Konvergenzverhalten numerischer Methoden in Abhängigkeit vom gestellten Problem und des verwendeten Lösungsalgorithmus zu begründen und auf verwandte Problemstellungen zu übertragen</li> <li>zu gegebener Problemstellung einen geeigneten Lösungsansatz zu entwickeln, gegebenenfalls durch Zusammensetzen mehrerer Algorithmen, diesen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch auszuwerten.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten, sich theoretische Grundlagen erklären sowie bei praktischen Implementierungsaspekten der Algorithmen unterstützen.</li> </ul>		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<b>Selbstständigkeit</b>	<p>Studierende sind fähig,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen,</li> <li>ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.</li> </ul>		
<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>	25 min
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0568: Numerische Mathematik II	
<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. Sabine Le Borne, Dr. Jens-Peter Zemke
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fehler und Stabilität: Begriffe und Abschätzungen</li> <li>2. Interpolation: Rationale und trigonometrische Interpolation</li> <li>3. Quadratur: Gauß-Quadratur, Orthogonalpolynome</li> <li>4. Lineare Systeme: Perturbationstheorie von Zerlegungen, strukturierte Matrizen</li> <li>5. Eigenwertaufgaben: LR-, QD-, QR-Algorithmus</li> <li>6. Krylovraum-Verfahren: Arnoldi-, Lanczos-Verfahren</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoer/Bulirsch: Numerische Mathematik 1, Springer</li> <li>• Dahmen, Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer</li> </ul>

Lehrveranstaltung L0569: Numerische Mathematik II	
<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. Sabine Le Borne, Dr. Jens-Peter Zemke
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

Modul M0627: Machine Learning and Data Mining			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Maschinelles Lernen und Data Mining (L0340)	Vorlesung	2	4
Maschinelles Lernen und Data Mining (L0510)	Gruppenübung	2	2
<b>Modulverantwortlicher</b>	NN		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calculus</li> <li>• Stochastics</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i></p> <p>Students can explain the difference between instance-based and model-based learning approaches, and they can enumerate basic machine learning technique for each of the two basic approaches, either on the basis of static data, or on the basis of incrementally incoming data . For dealing with uncertainty, students can describe suitable representation formalisms, and they explain how axioms, features, parameters, or structures used in these formalisms can be learned automatically with different algorithms. Students are also able to sketch different clustering techniques. They depict how the performance of learned classifiers can be improved by ensemble learning, and they can summarize how this influences computational learning theory. Algorithms for reinforcement learning can also be explained by students.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Student derive decision trees and, in turn, propositional rule sets from simple and static data tables and are able to name and explain basic optimization techniques. They present and apply the basic idea of first-order inductive leaning. Students apply the BME, MAP, ML, and EM algorithms for learning parameters of Bayesian networks and compare the different algorithms. They also know how to carry out Gaussian mixture learning. They can contrast kNN classifiers, neural networks, and support vector machines, and name their basic application areas and algorithmic properties. Students can describe basic clustering techniques and explain the basic components of those techniques. Students compare related machine learning techniques, e.g., k-means clustering and nearest neighbor classification. They can distinguish various ensemble learning techniques and compare the different goals of those techniques.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p><i>Selbstständigkeit</i></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>	90 Minuten		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L0340: Machine Learning and Data Mining	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Rainer Marrone
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decision trees</li> <li>• First-order inductive learning</li> <li>• Incremental learning: Version spaces</li> <li>• Uncertainty</li> <li>• Bayesian networks</li> <li>• Learning parameters of Bayesian networks BME, MAP, ML, EM algorithm</li> <li>• Learning structures of Bayesian networks</li> <li>• Gaussian Mixture Models</li> <li>• kNN classifier, neural network classifier, support vector machine (SVM) classifier</li> <li>• Clustering Distance measures, k-means clustering, nearest neighbor clustering</li> <li>• Kernel Density Estimation</li> <li>• Ensemble Learning</li> <li>• Reinforcement Learning</li> <li>• Computational Learning Theory</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Artificial Intelligence: A Modern Approach (Third Edition), Stuart Russel, Peter Norvig, Prentice Hall, 2010, Chapters 13, 14, 18-21</li> <li>2. Machine Learning: A Probabilistic Perspective, Kevin Murphy, MIT Press 2012</li> </ol>

Lehrveranstaltung L0510: Machine Learning and Data Mining	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Rainer Marrone
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0832: Advanced Topics in Control

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Ausgewählte Themen der Regelungstechnik (L0661)	Vorlesung	2	3
Ausgewählte Themen der Regelungstechnik (L0662)	Gruppenübung	2	3

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Herbert Werner
------------------------------	----------------------

<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	None
----------------------------------	------

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	H-infinity optimal control, mixed-sensitivity design, linear matrix inequalities
---------------------------------	--

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
---	---

<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain the advantages and shortcomings of the classical gain scheduling approach</li> <li>• They can explain the representation of nonlinear systems in the form of quasi-LPV systems</li> <li>• They can explain how stability and performance conditions for LPV systems can be formulated as LMI conditions</li> <li>• They can explain how gridding techniques can be used to solve analysis and synthesis problems for LPV systems</li> <li>• They are familiar with polytopic and LFT representations of LPV systems and some of the basic synthesis techniques associated with each of these model structures</li> </ul>
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain how graph theoretic concepts are used to represent the communication topology of multiagent systems</li> <li>• They can explain the convergence properties of first order consensus protocols</li> <li>• They can explain analysis and synthesis conditions for formation control loops involving either LTI or LPV agent models</li> </ul>
<i>Fertigkeiten</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students can explain the state space representation of spatially invariant distributed systems that are discretized according to an actuator/sensor array</li> <li>• They can explain (in outline) the extension of the bounded real lemma to such distributed systems and the associated synthesis conditions for distributed controllers</li> <li>• Students are capable of constructing LPV models of nonlinear plants and carry out a mixed-sensitivity design of gain-scheduled controllers; they can do this using polytopic, LFT or general LPV models</li> <li>• They are able to use standard software tools (Matlab robust control toolbox) for these tasks</li> <li>• Students are able to design distributed formation controllers for groups of agents with either LTI or LPV dynamics, using Matlab tools provided</li> <li>• Students are able to design distributed controllers for spatially interconnected systems, using the Matlab MD-toolbox</li> </ul>

<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Students can work in small groups and arrive at joint results.
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able to find required information in sources provided (lecture notes, literature, software documentation) and use it to solve given problems.
<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>	<p>Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht                      Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht                      Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht                      Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Flugzeugsysteme: Wahlpflicht                      Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Avionik und Eingebettete Systeme: Wahlpflicht                      Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Systemtechnik - Robotik: Wahlpflicht                      Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht                      Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht                      Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht                      Mediziningenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht                      Mediziningenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht                      Mediziningenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht                      Mediziningenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht                      Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht                      Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht</p>

Lehrveranstaltung L0661: Advanced Topics in Control	
<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. Herbert Werner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linear Parameter-Varying (LPV) Gain Scheduling                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Linearizing gain scheduling, hidden coupling</li> <li>- Jacobian linearization vs. quasi-LPV models</li> <li>- Stability and induced L2 norm of LPV systems</li> <li>- Synthesis of LPV controllers based on the two-sided projection lemma</li> <li>- Simplifications: controller synthesis for polytopic and LFT models</li> <li>- Experimental identification of LPV models</li> <li>- Controller synthesis based on input/output models</li> <li>- Applications: LPV torque vectoring for electric vehicles, LPV control of a robotic manipulator</li> </ul> </li>   <li>• Control of Multi-Agent Systems                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Communication graphs</li> <li>- Spectral properties of the graph Laplacian</li> <li>- First and second order consensus protocols</li> <li>- Formation control, stability and performance</li> <li>- LPV models for agents subject to nonholonomic constraints</li> <li>- Application: formation control for a team of quadrotor helicopters</li> </ul> </li>   <li>• Control of Spatially Interconnected Systems                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multidimensional signals, l2 and L2 signal norm</li> <li>- Multidimensional systems in Roesser state space form</li> <li>- Extension of real-bounded lemma to spatially interconnected systems</li> <li>- LMI-based synthesis of distributed controllers</li> <li>- Spatial LPV control of spatially varying systems</li> <li>- Applications: control of temperature profiles, vibration damping for an actuated beam</li> </ul> </li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werner, H., Lecture Notes "Advanced Topics in Control"</li> <li>• Selection of relevant research papers made available as pdf documents via StudIP</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0662: Advanced Topics in Control</b>	
<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. Herbert Werner
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M1249: Numerische Verfahren in der medizinischen Bildgebung

<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Numerische Verfahren in der medizinischen Bildgebung (L1694)	Vorlesung	2	3
Numerische Verfahren in der medizinischen Bildgebung (L1695)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Tobias Knopp		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse in Linear Algebra, insbesondere im Lösen von Gleichungssystemen		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, für verschiedene tomographische Bildgebungsmodalitäten Rekonstruktionsverfahren zu beschreiben. Insbesondere können die in der Computertomographie verwendeten Methoden, wie die gefilterte Rückprojektion, erläutert werden. Die Studierenden sind in der Lage die inversen Probleme hinter den verschiedenen Bildgebungsverfahren zu formulieren und Lösungsansätze zu beschreiben.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind dazu in der Lage, Rekonstruktionsverfahren zu implementieren und diese anhand von tomographischen Messdaten zu testen. Sie können die rekonstruierten Bilder visualisieren und die Qualität ihrer Daten und Resultate und beurteilen.		
<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>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Modellierung und Simulation: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Systemtechnik - Robotik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L1694: Numerische Verfahren in der medizinischen Bildgebung	
<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. Tobias Knopp
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	In der Vorlesung werden numerische Verfahren in der medizinischen Bildgebung vorgestellt. Dies beinhaltet sowohl die physikalischen Grundprinzipien der tomographischen Verfahren als auch Algorithmen für die Bildrekonstruktion. Neben Radonbasierten Verfahren wie die Computertomographie werden magnetische Verfahren wie die Magnetresonanztomographie und das Magnetic-Particle-Imaging behandelt.
<b>Literatur</b>	<p><b>Bildgebende Verfahren in der Medizin</b>; O. Dössel; Springer, Berlin, 2000</p> <p><b>Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik</b>; H. Morneburg (Hrsg.); Publicis MCD, München, 1995</p> <p><b>Introduction to the Mathematics of Medical Imaging</b>; C. L. Epstein; Siam, Philadelphia, 2008</p> <p><b>Medical Image Processing, Reconstruction and Restoration</b>; J. Jan; Taylor and Francis, Boca Raton, 2006</p> <p><b>Principles of Magnetic Resonance Imaging</b>; Z.-P. Liang and P. C. Lauterbur; IEEE Press, New York, 1999</p>

Lehrveranstaltung L1695: Numerische Verfahren in der medizinischen Bildgebung	
<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. Tobias Knopp
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<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>	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>Wissen</i>			
<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 them 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 Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Systemtechnik - Robotik: 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		

Lehrveranstaltung L0650: Digital Audio Signal Processing	
<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

## Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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>	
<i>Wissen</i>	Students can explain and describe the field of projective geometry.
<i>Fertigkeiten</i>	<p>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>
<i>Personale Kompetenzen</i>	
<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.
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>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
----------------------------------	--

	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung Systemtechnik - Robotik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht
--	---

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	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 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 M1552: Mathematik neuronaler Netzwerke

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Mathematik neuronaler Netzwerke (L2322)	Vorlesung	2	3
Mathematik neuronaler Netzwerke (L2323)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Dr. Jens-Peter Zemke		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	1. Mathematik I-III 2. Numerische Mathematik 1/ Numerik 3. Programmierkenntnisse, bestenfalls in Python		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i></p> <p>Studierende können die mathematischen Grundlagen verschiedener neuronaler Netze benennen, wiedergeben, neuronale Netze klassifizieren und hinsichtlich der Schwierigkeiten bewerten.</p> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <p>Studierende können neuronale Netze implementieren, verstehen und gezielt sowie an die Problemstellung angepasst anwenden.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p>Studierende können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in kleinen Gruppen Lösungen erarbeiten und dokumentieren;</li> <li>• in Gruppen Ideen weiterentwickeln und auf anderen Kontext übertragen;</li> <li>• im Team eine Software-Bibliothek entwickeln, aufbauen und weiterentwickeln.</li> </ul> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Studierende sind fähig</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Aufwand und Umfang selbst definierter Aufgaben korrekt einzuschätzen;</li> <li>• selbst einzuschätzen, ob sie die begleitenden theoretischen und praktischen Übungsaufgaben besser allein oder im Team lösen;</li> <li>• sich eigenständig Aufgaben zum Test und zum Ausbau der Verfahren auszudenken;</li> <li>• ihren Lernstand konkret zu beurteilen und gegebenenfalls gezielt Fragen zu stellen und Hilfe zu suchen.</li> </ul>		
<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>	25 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht		

Lehrveranstaltung L2322: Mathematik neuronaler Netzwerke	
<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. Jens-Peter Zemke
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen: Analogie, Aufbau neuronaler Netze, universelle Approximationseigenschaft, NP-Vollständigkeit</li> <li>2. Feedforward-Netze: Backpropagation, Varianten des stochastischen Gradientenverfahrens</li> <li>3. Deep Learning: Probleme und Lösungsstrategien</li> <li>4. Deep Belief Networks: Energie-basierte Modelle, Contrastive Divergence</li> <li>5. Faltungsnetze: Idee, Aufbau, FFT und Algorithmen von Winograd, Implementationsdetails</li> <li>6. Rekurrente Netze: Idee, dynamische Systeme, Training, LSTM</li> <li>7. Residuale Netze: Idee, Verbindung zu neuronalen ODEs</li> <li>8. Standardbibliotheken: Tensorflow, Keras, PyTorch</li> <li>9. Neue Trends</li> </ol>
<b>Literatur</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Skript</li> <li>2. Online-Werke: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <a href="http://neuralnetworksanddeeplearning.com/">http://neuralnetworksanddeeplearning.com/</a></li> <li>◦ <a href="https://www.deeplearningbook.org/">https://www.deeplearningbook.org/</a></li> </ul> </li> </ol>

Lehrveranstaltung L2323: Mathematik neuronaler Netzwerke	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Dr. Jens-Peter Zemke
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

# 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):</li> </ul> <p>Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss.</p>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	keine		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<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> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<b>Fachkompetenz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <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> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p>Studierende können</p> <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>		
<i>Sozialkompetenz</i>			
	<p>Studierende sind fähig,</p> <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> </ul>		

<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens umfassend in einer eigenen Forschungsarbeit anzuwenden.</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>	<p>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                      Mechatronics: 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</p>