

---

# **Modulhandbuch**

Master of Science (M.Sc.)

# **Computer Science**

Kohorte: Wintersemester 2020

Stand: 30. April 2020

---

---

# Inhaltsverzeichnis

---

---

Inhaltsverzeichnis	2
Studiengangsbeschreibung	3
Fachmodule der Kernqualifikation	6
Modul M0523: Betrieb & Management	6
Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master	8
Modul M1563: Forschungsprojekt Informatik	11
Fachmodule der Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering	12
Modul M0753: Software Verification	12
Modul M0926: Verteilte Algorithmen	14
Modul M0942: Software Security	16
Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems	18
Modul M1248: Compiler für Eingebettete Systeme	20
Modul M1397: Modellprüfung - Beweiser und Algorithmen	23
Modul M1301: Software Testing	26
Modul M0556: Computer Graphics	28
Modul M0924: Software für Eingebettete Systeme	30
Modul M1427: Algorithmische Spieltheorie	32
Modul M0910: Fortgeschrittener Entwurf von Chip-Systemen (Praktikum)	34
Modul M0839: Traffic Engineering	36
Fachmodule der Vertiefung II. Intelligenz-Engineering	39
Modul M0633: Industrial Process Automation	39
Modul M0550: Digital Image Analysis	41
Modul M1336: Soft-Computing - Einführung in Maschinenlernen	43
Modul M0629: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics	46
Modul M0630: Robotics and Navigation in Medicine	50
Modul M0551: Pattern Recognition and Data Compression	52
Modul M0627: Machine Learning and Data Mining	54
Modul M0552: 3D Computer Vision	56
Modul M0623: Intelligent Systems in Medicine	58
Modul M1249: Medizinische Bildgebung	60
Modul M1302: Angewandte Humanoide Robotik	62
Fachmodule der Vertiefung III. Mathematik	64
Modul M0667: Algorithmische Algebra	64
Modul M1428: Lineare und Nichtlineare Optimierung	67
Modul M0716: Hierarchische Algorithmen	69
Modul M1337: Kurven, Kryptosysteme und Quanten-Computing	71
Modul M1310: Diskrete Differentialgeometrie	73
Modul M1405: Randomisierte Algorithmen und Zufällige Graphen	75
Modul M0711: Numerische Mathematik II	77
Modul M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	79
Modul M0881: Mathematische Bildverarbeitung	82
Modul M1552: Mathematik neuronaler Netzwerke	84
Modul M1020: Numerik partieller Differentialgleichungen	86
Fachmodule der Vertiefung IV. Fachspezifische Fokussierung	88
Modul M1565: Technischer Ergänzungskurs I für CSMS	88
Modul M1566: Technischer Ergänzungskurs II für CSMS	89
Modul M1564: Hauptseminare Informatik	90
Thesis	92
Modul M-002: Masterarbeit	92

---

---

## 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 Gruppenprojektarbeiten 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 Erlernen 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

Die Kernqualifikation setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen:

- einem Studium-Generale-Anteil von 12 LP, bestehend aus betriebswirtschaftlichen und nichttechnischen Vertiefungsveranstaltungen,
- einem Informatik-Forschungsprojekt von 10 LP, das einer Projektarbeit mit einem forschungsbezogenen Thema entspricht,
- einem Hauptseminar von 2 LP, in dem sich die Studierenden mit einem Thema aus der Informatik intensiv beschäftigen sollen, und
- einer Masterarbeit von 30 LP, im Rahmen derer eine wissenschaftliche Arbeit selbständig, aber unter Betreuung zu verfassen ist.

Näheres zum Informatik-Forschungsprojekt und zur Masterarbeit regelt die FSPO des Studienganges.

<b>Modul M0523: Betrieb &amp; Management</b>	
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Meyer
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Keine
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<p><b>Fachkompetenz</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Wissen</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Fertigkeiten</i></p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Sozialkompetenz</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Selbstständigkeit</i></p>	<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>   <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>   <li>• Die Studierenden sind in der Lage, in interdisziplinären Kleingruppen zu kommunizieren und gemeinsam Lösungen für komplexe Problemstellungen zu erarbeiten.</li>   <li>• Die Studierenden sind in der Lage, sich notwendiges Wissen durch Recherchen und Aufbereitungen von Material selbstständig zu erschließen.</li> </ul>
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen
<b>Leistungspunkte</b>	6

**Lehrveranstaltungen**

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

## Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master

<b>Modulverantwortlicher</b>	Dagmar Richter
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Keine
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht
<b>Fachkompetenz</b>	<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 <b>seiner Lehrarchitektur</b>, <b>den Lehr-Lern-Arrangements</b>, <b>den 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 Auslandssemester zu fördern, wird jedoch von einer Studienfixierung in konkreten Fachsemestern abgesehen.</p> <p><b>Die Lehr-Lern-Arrangements</b></p> <p>sehen für Studierende - nach B.Sc. und M.Sc. getrennt - ein semester- und fachübergreifendes voneinander Lernen vor. Der Umgang mit Interdisziplinarität und einer Vielfalt von Lernständen in Veranstaltungen wird eingeübt - und in spezifischen Veranstaltungen gezielt gefördert.</p> <p><b>Die Lehrbereiche</b></p> <p>basieren auf Forschungsergebnissen aus den wissenschaftlichen Disziplinen Kulturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Kunst, Geschichtswissenschaften, Kommunikationswissenschaften, Migrationswissenschaften, Nachhaltigkeitsforschung und aus der Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Über alle Studiengänge hinweg besteht im Bachelorbereich zusätzlich ab Wintersemester 2014/15 das Angebot, gezielt Betriebswirtschaftliches und Gründungswissen aufzubauen. Das Lehrangebot wird durch soft skill und Fremdsprachkurse ergänzt. Hier werden insbesondere kommunikative Kompetenzen z.B. für Outgoing Engineers gezielt gefördert.</p> <p><b>Das Kompetenzniveau</b></p> <p>der Veranstaltungen in den Modulen der nichttechnischen Ergänzungskurse unterscheidet sich in Hinblick auf das zugrunde gelegte Ausbildungsziel: Diese Unterschiede spiegeln sich in den verwendeten Praxisbeispielen, in den - auf unterschiedliche berufliche Anwendungskontexte verweisende -</p>

*Wissen*

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,

- die eigene Profession und Professionalität im Kontext der lebensweltlichen Anwendungsgebiete zu reflektieren,
- sich selbst und die eigenen Lernprozesse zu organisieren,

<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <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

**Lehrveranstaltungen**

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

## Modul M1563: Forschungsprojekt Informatik

### Lehrveranstaltungen

<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Forschungsprojekt Informatik (L2353)	Projektierungskurs	10	12
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Wissen und Fertigkeiten aus den Master-Veranstaltungen im 1. und 2. Semester.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p><i>Wissen</i> Die Studierenden wissen, wie man sich ein Teilgebiet der Informatik selbständig erschließt und selbständig vertiefte Kenntnisse in diesem Gebiet erwirbt.</p> <p><i>Fertigkeiten</i> Die Studierenden sind in der Lage, wissenschaftliche Problemstellungen zu beschreiben und die selbständig erarbeiteten Lösungswege in einer gut strukturierten Form umzusetzen.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i> Studierenden erläutern die in einem wissenschaftlichen Aufsatz geschilderten Probleme und die im Aufsatz entwickelten Lösungen aus einem Fachgebiet der Informatik, bewerten die vorgeschlagenen Lösungen in einem Vortrag und reagieren auf wissenschaftliche Nachfragen, Ergänzungen und Kommentare.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Die Studierenden können ein Teilgebiet der Informatik zeitgerecht in einer Präsentation vorstellen. Sie können aktiv die Präsentationen anderer Studierender verfolgen, so dass evtl. ein interaktiver Diskurs über ein wissenschaftliches Thema entsteht.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 220, Präsenzstudium 140		
<b>Leistungspunkte</b>	12		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Schriftliche Ausarbeitung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	x		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Kernqualifikation: Pflicht		

### Lehrveranstaltung L2353: Forschungsprojekt Informatik

<b>Typ</b>	Projektierungskurs
<b>SWS</b>	10
<b>LP</b>	12
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 220, Präsenzstudium 140
<b>Dozenten</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

# Fachmodule der Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering

## 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>	
<i>Wissen</i>	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.
<i>Fertigkeiten</i>	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.
<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>	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.

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

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

Studienleistung	Verpflichtendes	Anteil	Art der Studienleistung	Beschreibung
Ja	15 %		Übungsaufgaben	

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

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

Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering:

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	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
---	--

<b>Lehrveranstaltung L0629: Software Verification</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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>

<b>Lehrveranstaltung L0630: Software Verification</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. Sibylle Schupp
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

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>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>Studierende können eigene verteilte Algorithmen entwerfen und der Komplexität analysieren. Sie greifen dabei auf existierende Standardalgorithmen zurück. Sie analysieren die Komplexität randomisierter Algorithmen.</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>	45 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1071: Verteilte Algorithmen</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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>

<b>Lehrveranstaltung L1072: Verteilte Algorithmen</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. Volker Turau
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0942: Software Security

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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>	Students can		
<i>Wissen</i>	<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>Fertigkeiten</i>	Students are capable of		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• performing a software vulnerability analysis</li> <li>• developing secure code</li> </ul>		
<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 I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1103: Software Security</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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 management: 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 processes 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>

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

Modul M1400: Entwurf von Dependable Systems				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Entwurf von Dependable Systems (L2000)		Vorlesung	2	3
Entwurf von Dependable Systems (L2001)		Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Görschwin Fey			
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine			
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlegende Kenntnisse zu Datenstrukturen und Algorithmen			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>	<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> <p><i>Wissen</i></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> <p><i>Fertigkeiten</i></p> <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>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <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> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>Studierende erlernen mittels Zusatzmaterial selbständig vertiefende Zusammenhänge der Konzepte aus der Vorlesung und erweiterte Lösungsverfahren.</p>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56			
<b>Leistungspunkte</b>	6			
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Art der Studienleistung</b>	<b>Beschreibung</b>	
Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	Die Lösung einer Aufgabe ist Zulassungsvoraussetzung für die Prüfung. Die Aufgabe wird in Vorlesung und Übung definiert.	
<b>Prüfung</b>	Mündliche Prüfung			
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min			
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	<p>Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht</p> <p>Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung I. Informatik: Wahlpflicht</p> <p>Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme: Wahlpflicht</p> <p>Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht</p> <p>Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht</p>			

<b>Lehrveranstaltung L2000: Entwurf von Dependable Systems</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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>	

<b>Lehrveranstaltung L2001: Entwurf von Dependable Systems</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 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

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Heiko Falk
------------------------------	------------------

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

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Modul "Eingebettete Systeme" C/C++ Programmierkenntnisse
---------------------------------	---

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	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> <p style="text-align: right;"><i>Wissen</i></p> <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> <p style="text-align: right;"><i>Fertigkeiten</i></p> <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>	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.
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, sich Teilbereiche des Fachgebietes anhand von Fachliteratur selbständig zu

	erarbeiten, das erworbene Wissen 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 I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Avionik und eingebettete Systeme: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: 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 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>	
<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	Prüfung	Art der Studienleistung	Beschreibung
<b>Studienleistung</b>	Ja	Keiner	Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung	Die Aufgabe wird im Rahmen von Vorlesung und Prüfung definiert. Die Lösung der Aufgabe ist Zulassungsvoraussetzung für die Prüfung.

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

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

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung I. 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
---	---

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 M1301: Software Testing				
<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 Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Software: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung :			

<b>Lehrveranstaltung L1791: Software Testing</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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>

<b>Lehrveranstaltung L1792: Software Testing</b>	
<b>Typ</b>	Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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 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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Linear Algebra (in particular matrix/vector computation)</li> <li>• Basic programming skills in C/C++</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	Students can explain and describe basic algorithms in 3D computer graphics.		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Students are capable of <ul style="list-style-type: none"> <li>• implementing a basic 3D rendering pipeline. This consists of projecting simple 3D structures (e.g. cube, spheres) onto a 2D surface using a virtual camera.</li> <li>• apply geometric transformations (e.g. rotation, scaling) in 2D and 3D computer graphics.</li> <li>• using well-known 2D/3D APIs (OpenGL, Cairo) for solving a given problem statement.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	Students can collaborate in a small team on the realization and validation of a 3D computer graphics pipeline.		
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Students are able to solve simple tasks independently with reference to the contents of the lectures and the exercise sets.</li> <li>• Students are able to solve detailed problems independently with the aid of the tutorial's programming task.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung I. 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		

<b>Lehrveranstaltung L0145: Computer Graphics</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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>

<b>Lehrveranstaltung L0768: Computer Graphics</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. Tobias Knopp
<b>Sprachen</b>	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. Bernd-Christian Renner		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr gute Kenntnisse und Erfahrung in Programmiersprache C</li> <li>• Grundkenntnisse in Softwaretechnik</li> <li>• Prinzipielles Verständnis von Assembler Sprachen</li> </ul>		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	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)		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Studierende erstellen interrupt-basierte Programme für einen konkreten Mikrocontroller. Sie erstellen und benutzen einen preemptiven scheduler. Sie setzen periphere Komponenten (Timer, ADCs, EEPROM) für komplexe Aufgaben eingebetteter System ein. Für den Anschluss externer Komponenten setzen sie serielle Protokolle ein.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>			
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Software: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht		

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

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

## Modul M1427: Algorithmische Spieltheorie

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Algorithmische Spieltheorie (L2060)	Vorlesung	2	4
Algorithmische Spieltheorie (L2061)	Hörsaalübung	2	2

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Mnich
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik I</li> <li>• Mathematik II</li> <li>• Algorithmen und Datenstrukturen</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 die Grundkonzepte der algorithmischen Spieltheorie und des Mechanismusdesigns benennen. Sie können sie anhand geeigneter Beispiele erklären.</li> <li>• Die Studierenden können logische Zusammenhänge zwischen diesen Konzepten diskutieren. Sie können diese Zusammenhänge anhand von Beispielen veranschaulichen.</li> <li>• Sie kennen Spiel- und Mechanismusdesignstrategien und können diese reproduzieren.</li> </ul>
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	
<b>Personale Kompetenzen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können mithilfe der in diesem Kurs untersuchten Konzepte strategische Interaktionssysteme von Agenten modellieren. Darüber hinaus sind sie in der Lage, ihre Effizienz und Gleichgewichte mithilfe etablierter Methoden zu analysieren.</li> <li>• Die Studierenden können weitere logische Zusammenhänge zwischen den im Kurs untersuchten Konzepten entdecken und überprüfen.</li> <li>• Für ein bestimmtes Problem können die Studierenden einen geeigneten Ansatz entwickeln und ausführen und die Ergebnisse kritisch bewerten.</li> </ul>
<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</b>	Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht

<b>Lehrveranstaltung L2060: Algorithmische Spieltheorie</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Mnich
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	<p>Algorithmische Spieltheorie ist ein Thema an der Schnittstelle von Informatik, Wirtschaft und Mathematik. Es befasst sich mit der Analyse des Verhaltens und der Interaktionen strategischer Akteure, die häufig versuchen, ihre Anreize zu maximieren. Die Umgebung, in der diese Agenten interagieren, wird als Spiel bezeichnet. Wir möchten verstehen, ob die Agenten ein "Gleichgewicht" oder einen stabilen Zustand des Spiels erreichen können, in dem die Agenten keinen Anreiz haben, von ihren gewählten Strategien abzuweichen. Der algorithmische Teil besteht darin, effiziente Methoden zu entwickeln, um Gleichgewichte in Spielen zu finden, und den Agenten Empfehlungen zu geben, damit sie schnell einen Zustand persönlicher Zufriedenheit erreichen können.</p> <p>Wir werden auch das Mechanismusdesign untersuchen. Beim Mechanismusdesign möchten wir Märkte und Auktionen gestalten und den Agenten strategische Optionen geben, damit sie einen Anreiz haben, rational zu handeln. Wir möchten die Märkte und Auktionen auch so gestalten, dass sie effizient sind, dass alle Waren freigegeben werden und die Agenten die von ihnen erworbenen Waren nicht überbezahlen.</p> <p>Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• grundlegende Gleichgewichtskonzepte (Nash-Gleichgewichte, korrelierte Gleichgewichte, ...)</li> <li>• strategische Maßnahmen (Best-Response-Dynamik, No-Regret-Dynamik, ...)</li> <li>• Auktionsdesign (umsatzmaximierende Auktionen, Vickrey-Auktionen)</li> <li>• stabile Matching-Theorie (Präferenzaggregationen, Nierenaustausch, ...)</li> <li>• Preis der Anarchie und egoistisches Routing (Braess 'Paradoxon, Überlastungsspiele, ...)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Roughgarden: Twenty Lectures on Algorithmic Game Theory, Cambridge University Press, 2016.</li> <li>• N. Nisan, T. Roughgarden, E. Tardos, V. Vazirani. Algorithmic Game Theory. Cambridge University Press, 2007.</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L2061: Algorithmische Spieltheorie</b>	
<b>Typ</b>	Hörsaalübung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Mnich
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<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 I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht                      Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht                      Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems: Wahlpflicht                      Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Embedded Systems:</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>

<b>Modul M0839: Traffic Engineering</b>			
<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>	<p><i>Wissen</i> Students are able to describe methods for planning, optimisation and performance evaluation of communication networks.</p> <p><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.</p> <p>Students are able to apply independently what they have learned to other and new problems. They can present their results in front of experts and discuss them.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Sozialkompetenz</i></p> <p><i>Selbstständigkeit</i> Students are able to acquire the necessary expert knowledge to understand the functionality and performance 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>	Mündliche Prüfung		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	30 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung I. Computer- und Software-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Netze: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0902: Seminar Traffic Engineering</b>	
<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>

<b>Lehrveranstaltung L0900: Traffic Engineering</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	2
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Andreas Timm-Giel
<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 / 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 II. Intelligenz-Engineering

### 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>	
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<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.
<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	Verpflichtendes Bonus	Art der Studienleistung	Beschreibung
Nein	10 %	Übungsaufgaben	

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

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

	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 II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Kabinensysteme: Wahlpflicht
--	--

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Mechatronik: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht Mechanical Engineering and Management: Vertiefung Mechatronik: Wahlpflicht Mechatronik: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht
---	---

<b>Lehrveranstaltung L0344: Industrial Process Automation</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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 Hrúz, 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

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

Modul M0550: Digital Image Analysis			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
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>	k.A.		
<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 II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht		

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht
---	---

<b>Lehrveranstaltung L0126: Digital Image Analysis</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	4
<b>LP</b>	6
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56
<b>Dozenten</b>	Prof. Rolf-Rainer Grigat
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Image representation, definition of images and volume data sets, illumination, radiometry, multispectral imaging, reflectivities, shape from shading</li> <li>• Perception of luminance and color, color spaces and transforms, color matching functions, human visual system, color appearance models</li> <li>• imaging sensors (CMOS, CCD, HDR, X-ray, IR), sensor characterization(EMVA1288), lenses and optics</li> <li>• spatio-temporal sampling (interpolation, decimation, aliasing, leakage, moiré, flicker, apertures)</li> <li>• features (filters, edge detection, morphology, invariance, statistical features, texture)</li> <li>• optical flow ( variational methods, quadratic optimization, Euler-Lagrange equations)</li> <li>• segmentation (distance, region growing, cluster analysis, active contours, level sets, energy minimization and graph cuts)</li> <li>• registration (distance and similarity, variational calculus, iterative closest points)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	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 M1336: Soft-Computing - Einführung in Maschinenlernen

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Soft Computing - Einführung in Maschinenlernen (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 bedingten Wahrscheinlichkeiten in allgemeinen Bayesschen Netzen,</li> <li>• klassische Regressions- und Clusteringverfahren,</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 dem physikalischen 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 II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht
---	--

<b>Lehrveranstaltung L1869: Soft Computing - Einführung in Maschinenlernen</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, Dr. Mehwish Saleemi
<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-Models,</li> <li>• Inferenz- (Felsenstein) und Parameterschätzung (PAM) im Hidden-Tree-Markov-Model (Abstammungsbäume),</li> <li>• Inferenzverfahren (Needleman-Wunsch) und parametrisierte Verallgemeinerung (Polytope-Propagation) im Pair-Hidden-Markov-Model (Sequenzalignment),</li> <li>• Inferenz-, Strukturerkennungs- und Lernverfahren 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 Isingmodel,</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 Sprites, 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

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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>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 without 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 terms of different types of equilibria, social choice functions, voting protocol, and mechanism design techniques.</p>
<i>Wissen</i>	
<i>Fertigkeiten</i>	<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>	
<i>Sozialkompetenz</i>	Students are able to discuss their solutions to problems with others. They communicate in English
<i>Selbstständigkeit</i>	Students are able of checking their understanding of complex concepts by solving variants of concrete 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>	90 Minuten
----------------------------------	------------

	Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht
--	---

<p><b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b></p>	<p>                     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                      Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht                      Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht                 </p>
--	--

<b>Lehrveranstaltung L0341: Intelligent Autonomous Agents and Cognitive Robotics</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	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 information 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 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

<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 programming, e.g., in Java or C++</li> <li>solid R or Matlab skills</li> </ul>
---------------------------------	--

<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	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.

<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70
----------------------------------	-------------------------------------

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

	Verpflichtend	Anteil	Art der Studienleistung	Beschreibung
<b>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>	<p>Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht                      Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht                      Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht                      Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht                      Mechatronik: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht                      Medizingenieurwesen: Vertiefung Künstliche Organe und Regenerative Medizin: Wahlpflicht                      Medizingenieurwesen: Vertiefung Implantate und Endoprothesen: Wahlpflicht                      Medizingenieurwesen: Vertiefung Medizin- und Regelungstechnik: Wahlpflicht                      Medizingenieurwesen: Vertiefung Management und Administration: Wahlpflicht                      Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht                      Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht</p>
---	---

Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: 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 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><i>Wissen</i></p> <p>Students can name the basic concepts of pattern recognition and data compression.</p> <p>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></p> <p>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></p> <p>k.A.</p> <p><i>Selbstständigkeit</i></p> <p>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 II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht                      Elektrotechnik: Vertiefung Nachrichten- und Kommunikationstechnik: Wahlpflicht                      Information and Communication Systems: Vertiefung Sichere und zuverlässige IT-Systeme, Schwerpunkt Software und Signalverarbeitung : Wahlpflicht                      Information and Communication Systems: Vertiefung Kommunikationssysteme, Schwerpunkt Signalverarbeitung: Wahlpflicht                      Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht                      Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Elektrotechnik: Wahlpflicht                      Mechatronik: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht                      Mechatronik: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht                      Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: 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 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 learning. 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 II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Informationstechnologie: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0340: Machine Learning and Data Mining</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	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>

<b>Lehrveranstaltung L0510: Machine Learning and Data Mining</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>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

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

	Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Communication and Signal Processing: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergankungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht
--	--

**Lehrveranstaltung L0129: 3D Computer Vision**

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

**Lehrveranstaltung L0130: 3D Computer Vision**

<b>Typ</b>	Gruppenubung
<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 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>	<p>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.</p>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	<p>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.</p>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	<p>The students discuss the results of other groups, provide helpful feedback and can incorporate feedback into their work.</p>		
<i>Selbstständigkeit</i>	<p>The students can reflect their knowledge and document the results of their work. They can present the results in an appropriate manner.</p>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	<b>Verpflichtend</b>	<b>Anteil</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>	<p>Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht                      Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: 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                      Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht</p>		

<b>Lehrveranstaltung L0331: Intelligent Systems in Medicine</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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

<b>Lehrveranstaltung L0334: Intelligent Systems in Medicine</b>	
<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

<b>Lehrveranstaltung L0333: Intelligent Systems in Medicine</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Prof. Alexander Schlaefer
<b>Sprachen</b>	EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

<b>Modul M1249: Medizinische Bildgebung</b>			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Medizinische Bildgebung (L1694)	Vorlesung	2	3
Medizinische Bildgebung (L1695)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Tobias Knopp		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundkenntnisse in Linear Algebra, Numerik und Signalverarbeitung		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>	<p>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.</p> <p>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.</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>	Klausur		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Medizintechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1694: Medizinische Bildgebung</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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>

<b>Lehrveranstaltung L1695: Medizinische Bildgebung</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. Tobias Knopp
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

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 Götsch		
<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> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können die Modelle der Systeme der humanoiden Robotik in Matlab und C++ implementieren und diese Modelle für Bewegungen des Roboters oder andere Aufgaben nutzen.</li> <li>• Sie sind in der Lage die Modelle in Matlab für Simulationen zu nutzen und dann ggf. auch mit C++ Code auf dem realen Robotersystem zu testen.</li> <li>• Sie sind darüber hinaus in der Lage, für eine abstrakte Aufgabenstellung, für die es keine standardisierte Lösung gibt, Methoden auszuwählen, die zu gewünschten Ergebnissen führen.</li> </ul> <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> <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>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>			
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>			
<i>Selbstständigkeit</i>			
<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		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung II. Intelligenz-Engineering: Wahlpflicht Mechatronik: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Bio- und Medizintechnik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: 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 Götttsch
<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>

## Fachmodule der Vertiefung III. Mathematik

### Modul M0667: Algorithmische Algebra

#### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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>	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.
<b>Personale Kompetenzen</b>	
<i>Sozialkompetenz, 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 III. Mathematik: 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
	Erweiterter Euklidischer Algorithmus, Lösen der Bezout-Gleichung

	<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><b>Inhalt</b> Buchberger-Algorithmus, Gröbner-Basis</p> <p>Minkowskischer Gitterpunktsatz und Ganzzahlige Optimierung</p> <p>LLL-Algorithmus zum Auffinden 'kurzer' Vektoren in polynomialer Zeit</p>
<p><b>Literatur</b></p>	<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.                  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><b>Verfasser:</b> Concrete abstract algebra : from numbers to Gröbner bases / Niels <b>Lauritzen</b>  <b>Lauritzen, Niels</b></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</p>

	<p>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>
--	--

<b>Lehrveranstaltung L0423: Algorithmische Algebra</b>	
<b>Typ</b>	Gruppenübung
<b>SWS</b>	1
<b>LP</b>	1
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14
<b>Dozenten</b>	Dr. Prashant Batra
<b>Sprachen</b>	DE
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M1428: Lineare und Nichtlineare Optimierung

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Lineare und Nichtlineare Optimierung (L2062)	Vorlesung	4	4
Lineare und Nichtlineare Optimierung (L2063)	Hörsaalübung	1	2

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Matthias Mnich
------------------------------	----------------------

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

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diskrete Algebraische Strukturen</li> <li>Mathematik I</li> <li>Graphentheorie und Optimierung</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>Studierende können die grundlegenden Begriffe der Linearen und Nichtlinearen Optimierung benennen und anhand von Beispielen erklären.</li> <li>Studierende sind in der Lage, logische Zusammenhänge zwischen diesen Konzepten zu diskutieren und anhand von Beispielen zu erläutern.</li> <li>Sie kennen Beweisstrategien und können diese wiedergeben.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Studierende können Aufgabenstellungen der Linearen und Nichtlinearen Optimierung mit Hilfe der kennengelernten Konzepte mathematisch modellieren und mit den erlernten Methoden lösen.</li> <li>Studierende sind in der Lage, sich weitere einfache logische Zusammenhänge zwischen den kennengelernten Konzepten selbstständig zu erschließen und können diese verifizieren.</li> <li>Studierende können zu gegebenen Problemstellungen einen geeigneten Lösungsansatz entwickeln, diesen verfolgen und die Ergebnisse kritisch auswerten.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Studierende sind in der Lage, in heterogen zusammengestellten Teams (mit unterschiedlichem mathematischen Hintergrundwissen und aus unterschiedlichen Studiengängen) zusammenzuarbeiten und die Mathematik als gemeinsame Sprache zu entdecken und beherrschen.</li> <li>Sie können sich dabei insbesondere gegenseitig neue Konzepte erklären und anhand von Beispielen das Verständnis der Mitstudierenden überprüfen und vertiefen.</li> </ul> <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>
<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</b>	Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht
-------------------------------	---

<b>Lehrveranstaltung L2062: Lineare und Nichtlineare Optimierung</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	4
<b>LP</b>	4
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 64, Präsenzstudium 56
<b>Dozenten</b>	Prof. Matthias Mnich
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung mit Hilfe von linearen Programmen</li> <li>• Lösung durch die graphische Methode</li> <li>• Algebraisches Hintergrundwissen</li> <li>• Konvexität</li> <li>• Polyeder</li> <li>• Simplex-Algorithmus</li> <li>• Degeneriertheit und Konvergenz</li> <li>• Dualität</li> <li>• Innere-Punkte Methoden</li> <li>• Quadratische Optimierung</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A. Schrijver: Combinatorial Optimization: Polyhedra and Efficiency. Springer, 2003</li> <li>• B. Korte and T. Vygen: Combinatorial Optimization: Theory and Algorithms. Springer, 2018</li> <li>• T. Cormen, Ch. Leiserson, R. Rivest, C. Stein: Introduction to Algorithms. MIT Press, 2013</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L2063: Lineare und Nichtlineare Optimierung</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. Matthias Mnich
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M0716: Hierarchische Algorithmen

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Hierarchische Algorithmen (L0585)	Vorlesung	2	3
Hierarchische Algorithmen (L0586)	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>• Mathematik I, II, III für Ingenieurstudierende (deutsch oder englisch) oder Analysis &amp; Lineare Algebra I + II sowie Analysis III für Technomathematiker</li> <li>• Programmierkenntnisse in C</li> </ul>
---------------------------------	---

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

<b>Fachkompetenz</b>	Studierende können
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertreter hierarchischer Algorithmen benennen und ihre grundlegenden Merkmale herausstellen,</li> <li>• Konstruktionstechniken hierarchischer Algorithmen erklären,</li> <li>• Aspekte der effizienten Implementierung von hierarchischen Algorithmen diskutieren.</li> </ul>
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Studierende sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die in der Vorlesung behandelten hierarchischen Algorithmen zu implementieren,</li> <li>• den Speicherbedarf und die Rechenzeitkomplexität der Algorithmen zu analysieren,</li> <li>• die Algorithmen an Problemstellungen unterschiedlicher Anwendungen anzupassen und somit problemadaptierte Varianten zu entwickeln.</li> </ul>
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende können
<i>Sozialkompetenz</i>	<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>Selbstständigkeit</i>	<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>• mit ausreichender Ausdauer komplexe Problemstellungen über längere Zeiträume zu bearbeiten,</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>	20 min
----------------------------------	--------

<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	<p>Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht          Mathematical Modelling in Engineering: Theory, Numerics, Applications: Vertiefung II. Modelling and Simulation of Complex Systems (TUHH): Wahlpflicht          Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht</p>
---	--

	Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht
--	---

<b>Lehrveranstaltung L0585: Hierarchische Algorithmen</b>	
---	--

<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Sabine Le Borne
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niedrigrangmatrizen</li> <li>• Separable Entwicklungen</li> <li>• Hierarchische Matrixpartitionen</li> <li>• Hierarchische Matrizen</li> <li>• Formatierte Matrixoperationen</li> <li>• Anwendungen</li> <li>• weitere Themen (z.B. H2-Matrizen, Matrixfunktionen, Tensorprodukte)</li> </ul>
<b>Literatur</b>	W. Hackbusch: Hierarchische Matrizen: Algorithmen und Analysis

<b>Lehrveranstaltung L0586: Hierarchische 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. Sabine Le Borne
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Modul M1337: Kurven, Kryptosysteme und Quanten-Computing

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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, Grppengesetz, Diskriminante, <math>j</math>-Invariante, Endomorphismen, Frobenius-Endomorphismus, Singularitäten, elliptische Kurven über endlichen Körpern, Hasse-Schranke),</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> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Grppengesetz 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> </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 III. Mathematik: 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>	

<b>Modul M1310: Diskrete Differentialgeometrie</b>			
<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> </ul> <p><i>Wissen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <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. Snycg, 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>		
<b>Personale Kompetenzen</b>	<p><i>Fertigkeiten</i></p> <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>	25 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1808: Diskrete Differentialgeometrie</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. 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 Differentialgeometrie: Zusammenhänge, Symplektische Geometrie, Riemann'sche Geometrie, Diskretisierung</li> <li>- Globale Differentialgeometrie: 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. Snygg, 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/0508341v2</p> <p>J.Marsden et al., Discrete Mechanics and Variational Integrators, Acta numerica. 2001</p>

## Modul M1405: Randomisierte Algorithmen und Zufällige Graphen

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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>	
<i>Personale Kompetenzen</i>	
<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>
<i>Selbstständigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Students are capable of checking their understanding of complex concepts on their own. They can specify open questions precisely and know where to get help in solving them.</li> <li>Students have developed sufficient persistence to be able to work for longer periods in a goal-oriented manner on hard problems.</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 III. Mathematik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Mathematical Modelling in Engineering: Theory, Numerics, Applications: Vertiefung I. Numerics (TUHH): Wahlpflicht

<b>Lehrveranstaltung L2010: Randomisierte Algorithmen und Zufällige Graphen</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. Anusch Taraz, Prof. Volker Turau
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Randomized Algorithms: <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> Random Graphs: <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 M0711: Numerische Mathematik II

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
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>	
<i>Fertigkeiten</i>	<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>
<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>	
<i>Selbstständigkeit</i>	<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>
<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</b>	Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht

<b>Curricula</b>	Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Wahlpflicht
------------------	---

<b>Lehrveranstaltung L0568: Numerische Mathematik II</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	Prof. 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>

<b>Lehrveranstaltung L0569: Numerische Mathematik II</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. 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 M0714: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0576)	Vorlesung	2	3
Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (L0582)	Gruppenübung	2	3

<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Daniel Ruprecht
------------------------------	-----------------------

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

<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mathematik I, II, III für Ingenieurstudierende (deutsch oder englisch) oder Analysis &amp; Lineare Algebra I + II sowie Analysis III für Technomathematiker</li> <li>MATLAB Grundkenntnisse</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>numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen benennen und deren Kernideen erläutern,</li> <li>Konvergenzaussagen (inklusive der an das zugrundeliegende Problem gestellten Voraussetzungen) zu den behandelten numerischen Verfahren wiedergeben,</li> </ul>
<i>Wissen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aspekte der praktischen Durchführung numerischer Verfahren erklären.</li> <li>Wählen Sie die entsprechende numerische Methode für konkrete Probleme, implementieren die numerischen Algorithmen effizient und interpretieren die numerischen Ergebnisse</li> </ul>
<i>Fertigkeiten</i>	<p>Studierende sind in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>numerische Methoden zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen 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,</li> <li>zu gegebener Problemstellung einen geeigneten Lösungsansatz zu entwickeln, gegebenenfalls durch Zusammensetzen mehrerer Algorithmen, diesen durchzuführen und die Ergebnisse kritisch auszuwerten.</li> </ul>
<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>	<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>	Klausur
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	90 min
<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 III. Mathematik: Wahlpflicht Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht Flugzeug-Systemtechnik: Vertiefung Flugzeugsysteme: Wahlpflicht Mathematical Modelling in Engineering: Theory, Numerics, Applications: Vertiefung I. Numerics (TUHH): Pflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Kernqualifikation: Pflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht

Lehrveranstaltung L0576: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	
<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. Daniel Ruprecht
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Numerische Verfahren für Anfangswertprobleme <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschrittverfahren</li> <li>• Mehrschrittverfahren</li> <li>• Steife Probleme</li> <li>• Differentiell-algebraische Gleichungen vom Index 1</li> </ul> Numerische Verfahren für Randwertaufgaben <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrzielmethode</li> <li>• Differenzenverfahren</li> <li>• Variationsmethoden</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Hairer, S. Noersett, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems</li> <li>• E. Hairer, G. Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems</li> </ul>

<b>Lehrveranstaltung L0582: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</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. Daniel Ruprecht
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	SoSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

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 III. Mathematik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Mechatronics: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Intelligente Systeme und Robotik: Wahlpflicht Mechatronics: Vertiefung Systementwurf: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L0991: Mathematische Bildverarbeitung</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. 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>• Glättungsfilter</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

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

<b>Modul M1552: Mathematik neuronaler Netzwerke</b>				
<b>Lehrveranstaltungen</b>				
<b>Titel</b>		<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mathematik I-III</li> <li>2. Numerische Mathematik 1/ Numerik</li> <li>3. Programmierkenntnisse, bestenfalls in Python</li> </ol>			
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht			
<b>Fachkompetenz</b>	Studierende können die mathematischen Grundlagen verschiedener neuronaler Netze benennen, wiedergeben, neuronale Netze klassifizieren und hinsichtlich der Schwierigkeiten bewerten.			
<i>Wissen</i>				
<b>Fertigkeiten</b>	Studierende können neuronale Netze implementieren, verstehen und gezielt sowie an die Problemstellung angepasst anwenden.			
<i>Fertigkeiten</i>				
<b>Personale Kompetenzen</b>	Studierende können			
<i>Sozialkompetenz</i>	<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>			
<i>Selbstständigkeit</i>	Studierende sind fähig <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 Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Robotik und Informatik: Wahlpflicht			

<b>Lehrveranstaltung L2322: Mathematik neuronaler Netzwerke</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	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>

<b>Lehrveranstaltung L2323: Mathematik neuronaler Netzwerke</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>	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

Modul M1020: Numerik partieller Differentialgleichungen			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Numerik partieller Differentialgleichungen (L1247)	Vorlesung	2	3
Numerik partieller Differentialgleichungen (L1248)	Gruppenübung	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Daniel Ruprecht		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematik I - IV (für Ingenieurstudierende) <b>oder</b> Analysis &amp; Lineare Algebra I + II für Technomathematiker</li> <li>• Numerische Mathematik 1</li> <li>• Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</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 partielle Differentialgleichungen den drei Grundtypen zuordnen.</li> <li>• Sie kennen für jeden Typ die passenden numerischen Zugänge.</li> <li>• Sie kennen das Konvergenzverhalten dieser Verfahren.</li> </ul>		
<i>Wissen</i>			
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden sind in der Lage, zu gegebenen partiellen Differentialgleichungsproblemen numerische Lösungsansätze zu formulieren, theoretische Konvergenzaussagen zu treffen sowie diese Ansätze in der Praxis durchzuführen, d.h. zu implementieren und zu testen.		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Studierende können in heterogen zusammengesetzten Teams (d.h. aus unterschiedlichen Studiengängen und mit unterschiedlichem Hintergrundwissen) zusammenarbeiten und sich theoretische Grundlagen erklären.		
<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>	25 min		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung III. Mathematik: Wahlpflicht Technomathematik: Vertiefung I. Mathematik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Technischer Ergänzungskurs: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Numerik und Informatik: Wahlpflicht Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Simulationstechnik: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L1247: Numerik partieller Differentialgleichungen</b>	
<b>Typ</b>	Vorlesung
<b>SWS</b>	2
<b>LP</b>	3
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28
<b>Dozenten</b>	NN
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	<p>Elementare Theorie und Numerik Partielle Diferentialgleichungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typen partieller Differentialgleichungen</li> <li>• wohlgestellte Probleme</li> <li>• Finite Differenzen</li> <li>• Finite Elemente</li> <li>• Finite Volumen</li> <li>• Anwendungen</li> </ul>
<b>Literatur</b>	<p>Dietrich Braess: Finite Elemente: Theorie, schnelle Löser und Anwendungen in der Elastizitätstheorie, Berlin u.a., Springer 2007</p> <p>Susanne Brenner, Ridgway Scott: The Mathematical Theory of Finite Element Methods, Springer, 2008</p> <p>Peter Deuflhard, Martin Weiser: Numerische Mathematik 3</p>

<b>Lehrveranstaltung L1248: Numerik partieller Differentialgleichungen</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>	NN
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe
<b>Inhalt</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung
<b>Literatur</b>	Siehe korrespondierende Vorlesung

## Fachmodule der Vertiefung IV. Fachspezifische Fokussierung

Die drei Technischen Ergänzungsfächer dienen der weiteren Vertiefung der im Wahlpflichtbereich gewählten Module.

Modul M1565: Technischer Ergänzungskurs I für CSMS			
Lehrveranstaltungen			
Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<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>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung IV. Fachspezifische Fokussierung: Wahlpflicht		

## Modul M1566: Technischer Ergänzungskurs II für CSMS

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<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>	Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung IV. Fachspezifische Fokussierung: Wahlpflicht		

Modul M1564: Hauptseminare Informatik			
<b>Lehrveranstaltungen</b>			
<b>Titel</b>	<b>Typ</b>	<b>SWS</b>	<b>LP</b>
Hauptseminar Informatik I (L2352)	Seminar	2	3
Hauptseminar Informatik II (L2429)	Seminar	2	3
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	Keine		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	Grundlegende Module aus der Informatik und Mathematik auf Masterebene.		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<b>Fachkompetenz</b>			
<i>Wissen</i>	Die Studierenden können <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein spezifisches Thema der Informatik erklären,</li> <li>• komplexe Sachverhalte beschreiben,</li> <li>• unterschiedliche Standpunkte darlegen und kritisch bewerten.</li> </ul>		
<i>Fertigkeiten</i>	Die Studierenden können <ul style="list-style-type: none"> <li>• sich in einer begrenzten Zeit in ein spezifisches Thema der Informatik einarbeiten,</li> <li>• eine Literaturrecherche durchführen und die Quellen richtig zitieren und angeben,</li> <li>• selbstständig einen Vortrag ausarbeiten und vor ausgewähltem Publikum halten,</li> <li>• den Vortrag in einem Abstract zusammenfassen,</li> <li>• im Rahmen der Diskussion Fachfragen beantworten.</li> </ul>		
<b>Personale Kompetenzen</b>			
<i>Sozialkompetenz</i>	Die Studierenden sind in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• ein Thema für eine bestimmte Zielgruppe aufzuarbeiten und darzustellen,</li> <li>• mit der Betreuerin bzw. dem Betreuer das Thema sowie Inhalt und Aufbau des Vortrages zu diskutieren,</li> <li>• einzelne Aspekte aus dem Themengebiet mit den Zuhörerinnen und Zuhörern durchzusprechen,</li> <li>• als Vortragende bzw. Vortragender auf die Fragen der Zuhörerinnen und Zuhörer einzugehen.</li> </ul>		
<i>Selbstständigkeit</i>	Die Studierenden werden die Lage versetzt, <ul style="list-style-type: none"> <li>• eigenständig Aufgaben zu definieren,</li> <li>• notwendiges Wissen zu erschließen,</li> <li>• geeignete Hilfsmittel einzusetzen,</li> <li>• unter Anleitung der Betreuerin bzw. des Betreuers den Arbeitsstand kritisch zu überprüfen.</li> </ul>		
<b>Arbeitsaufwand in Stunden</b>	Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56		
<b>Leistungspunkte</b>	6		
<b>Studienleistung</b>	Keine		
<b>Prüfung</b>	Referat		
<b>Prüfungsdauer und -umfang</b>	x		
<b>Zuordnung zu folgenden Curricula</b>	Computer Science: Vertiefung IV. Fachspezifische Fokussierung: Wahlpflicht		

<b>Lehrveranstaltung L2352: Hauptseminar Informatik I</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>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

<b>Lehrveranstaltung L2429: Hauptseminar Informatik II</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>	Prof. Karl-Heinz Zimmermann
<b>Sprachen</b>	DE/EN
<b>Zeitraum</b>	WiSe/SoSe
<b>Inhalt</b>	
<b>Literatur</b>	

# Thesis

## Modul M-002: Masterarbeit

### Lehrveranstaltungen

Titel	Typ	SWS	LP
<b>Modulverantwortlicher</b>	Professoren der TUHH		
<b>Zulassungsvoraussetzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laut ASPO § 21 (1): Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss.</li> </ul>		
<b>Empfohlene Vorkenntnisse</b>	keine		
<b>Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse</b>	Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht		
<p><b>Fachkompetenz</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Wissen</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Fertigkeiten</i></p> <p><b>Personale Kompetenzen</b></p> <p style="text-align: right;"><i>Sozialkompetenz</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können das Spezialwissen (Fakten, Theorien und Methoden) ihres Studienfaches sicher zur Bearbeitung fachlicher Fragestellungen einsetzen.</li> <li>Die Studierenden können in einem oder mehreren Spezialbereichen ihres Faches die relevanten Ansätze und Terminologien in der Tiefe erklären, aktuelle Entwicklungen beschreiben und kritisch Stellung beziehen.</li> <li>Die Studierenden können eine eigene Forschungsaufgabe in ihrem Fachgebiet verorten, den Forschungsstand erheben und kritisch einschätzen.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, für die jeweilige fachliche Problemstellung geeignete Methoden auszuwählen, anzuwenden und ggf. weiterzuentwickeln.</li> <li>Die Studierenden sind in der Lage, im Studium erworbenes Wissen und erlernte Methoden auch auf komplexe und/oder unvollständig definierte Problemstellungen lösungsorientiert anzuwenden.</li> <li>Die Studierenden können in ihrem Fachgebiet neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und diese kritisch beurteilen.</li> </ul> <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> <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</li> </ul>		

<i>Selbstständigkeit</i>	vertieft einzuarbeiten und dafür benötigte Informationen zu erschließen. <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          Mechatronik: Abschlussarbeit: Pflicht          Medizingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht          Microelectronics and Microsystems: Abschlussarbeit: Pflicht          Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Abschlussarbeit: Pflicht          Regenerative Energien: Abschlussarbeit: Pflicht          Schiffbau und Meerestechnik: Abschlussarbeit: Pflicht          Ship and Offshore Technology: Abschlussarbeit: Pflicht          Teilstudiengang Lehramt Metalltechnik: Abschlussarbeit: Pflicht          Theoretischer Maschinenbau: Abschlussarbeit: Pflicht          Verfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht          Wasser- und Umweltingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht          Zulassungs- und Sachverständigenwesen in der Luftfahrt: Abschlussarbeit: Pflicht</p>