



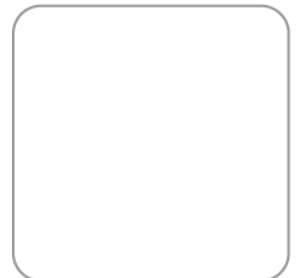
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

Studienplan (Curriculum)  
für das  
**Masterstudium**  
**Embedded Systems**  
**UE 066 504**

Fakultät für  
Elektrotechnik und Informationstechnik

Beschluss des Senats der  
Technischen Universität Wien  
mit Wirksamkeit 21. Juni 2021

Gültig ab 1. Oktober 2021



# Inhaltsverzeichnis

§ 1	Grundlage und Geltungsbereich	3
§ 2	Qualifikationsprofil	3
§ 3	Dauer und Umfang	4
§ 4	Zulassung zum Masterstudium	4
§ 5	Aufbau des Studiums	5
§ 6	Lehrveranstaltungen	11
§ 7	Prüfungsordnung	11
§ 8	Studierbarkeit und Mobilität	12
§ 9	Diplomarbeit	12
§ 10	Akademischer Grad	12
§ 11	Integriertes Qualitätsmanagement	12
§ 12	Inkrafttreten	13
§ 13	Übergangsbestimmungen	13
Anhang: Modulbeschreibungen		14
Anhang: Lehrveranstaltungstypen		75
Anhang: Zusammenfassung aller verpflichtenden Voraussetzungen im Studium		75
Anhang: Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen		76

## § 1 Grundlage und Geltungsbereich

Der vorliegende Studienplan definiert und regelt das ingenieurwissenschaftliche Masterstudium Embedded Systems an der Technischen Universität Wien. Es basiert auf dem Universitätsgesetz 2002 - UG (BGBl. I Nr. 120/2002) und den Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien in der jeweils geltenden Fassung. Die Struktur und Ausgestaltung des Studiums orientieren sich am Qualifikationsprofil gemäß §2.

## § 2 Qualifikationsprofil

### Allgemeine Kompetenzen

AbsolventInnen des Masterstudiums Embedded Systems überblicken und erfassen das Feld, welches sich zwischen analogen und digitalen Schaltungsdesigns, deren Verbindung in Mixed-Signal-Schaltungen, der Entwicklung und wissenschaftlichen Analyse von System-on-Chips, deren Anwendung in informationstechnischen Systemen und informatischer Methodik aufspannt. Auf diesem Basiswissen aufbauend verfügen sie über das theoretische und praktische Know-How zum Design applikationsspezifischer, optimierter Embedded Systems. Sie besitzen Fähigkeiten für das Engineering von Systemanforderungen und der Realisierung von Funktionalität in Systemen aus Hardware- und Softwarekomponenten. Im Hinblick auf sicherheitsrelevante Bereiche sind sie in der Lage, Mittel der Systemverifikation in Entwurfsprozessen einzusetzen und so Security- und Safety-Aspekte mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Ergänzend dazu besitzen sie domänenspezifisches Wissen wichtiger Anwendungsgebiete informationstechnischer Systeme wie beispielsweise der Automation, Robotik und Leittechnik sowie Energie- und Informationsnetzen der Zukunft.

Im Masterstudium Embedded Systems wird daher zuerst im Pflichtbereich eine theoretisch und methodisch solide Basis in den Bereichen Schaltungstechnik, Systems Engineering, Requirements Engineering, Embedded Systems und Circuit-Design und den maßgebenden elektrotechnischen und informatischen Methoden geschaffen. Der darauf aufbauende Wahlpflichtbereich schafft die Möglichkeit zur Profilbildung im oben aufgezeigten, weiten Feld, behält jedoch die notwendige Breite, um stets eine integrative Klammer über die einzelnen Pole hinweg zu gewährleisten. Der Wahlbereich kann schließlich sowohl der Vertiefung in Basisgebiete als auch der Verbreiterung hin zu Anwendungsgebieten informationstechnischer Systeme dienen.

Das Masterstudium Embedded Systems vermittelt auf den oben genannten Gebieten eine breite, wissenschaftlich und methodisch hochwertige und auf dauerhaftes Wissen ausgerichtete Ausbildung und verfolgt das Ziel, die Absolventinnen und Absolventen für den internationalen Arbeitsmarkt konkurrenzfähig zu machen und zur eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit zu befähigen.

Diese hochwertige Ausbildung bildet eine breite Basis für eine einschlägige Berufstätigkeit ohne lange Einarbeitungszeit und für die nachhaltige berufliche Weiterentwicklung, wobei beispielhaft folgende Berufsprofile mit angeführt werden:

- Führung und Mitarbeit bei der Entwicklung und Projektierung von Einzel- und Gesamtkomponenten bis hin zum vollständigen Systemdesign
- Führung und Mitarbeit bei Aufgaben im Umfeld eingebetteter Systeme sowie der applikationsnahen Systemintegration
- Hochwertige Tätigkeiten im Bereich der Konzeptionierung, Planung und Umsetzung computerbasierter Steuerungssysteme
- Eigenständige Forschungstätigkeit an Universitäten, Forschungszentren und in der Industrie
- Führung und Mitarbeit in interdisziplinären Projekt- und Entwicklungsteams

Weiterhin befähigt das Masterstudium Embedded Systems zur Weiterqualifizierung im Rahmen von fachnahen Doktoratsstudien. Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium Embedded Systems Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt:

- fachliche und methodische Kenntnisse
- kognitive und praktische Fertigkeiten

- soziale Kompetenzen, Innovationskompetenz und Kreativität

#### Fachliche und methodische Kompetenzen

Im Masterstudium Embedded Systems erlangen die Studierenden ein tiefgehendes Verständnis der technischen und naturwissenschaftlichen Zusammenhänge von Computersystemen im Allgemeinen und deren Wechselwirkungen basierend auf dem Stand der Wissenschaft und Technik. Im Speziellen werden die Studierenden auf eine umfassende Problemlösungskompetenz und den Anspruch eines ganzheitlichen „Systemdenkens“ zur Erfassung komplexer Zusammenhänge ausgebildet. Vertiefendes Fachwissen und Methodenkompetenz kann sich wahlweise auf den Gebieten Computertechnik, Embedded Systems, System-on-Chip, Mixed-Signal-Circuits, Kommunikation in der Automation und Energietechnik, Smart Grids, Network Security, Anwendungen der Soft- und Hardwareverifikation, computerbasierte Automatisierung, Robotik, Mensch-Maschine-Schnittstellen, Optimierung und Systemanalyse angeeignet werden. Die Studierenden beherrschen wissenschaftliche Grundlagen und Methoden und verfügen so über eine gute Ausgangsbasis für eine weitere berufliche Tätigkeit, aber auch für eine weiterführende Qualifikation im Rahmen eines fachnahen Doktoratsstudiums.

#### Kognitive und praktische Fertigkeiten

Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums Embedded Systems haben als Generalisten die Fähigkeit, anspruchsvolle Aufgaben in ihrem Fachgebiet einschließlich angrenzender interdisziplinärer Fachgebiete wissenschaftlich zu analysieren, formal zu beschreiben und optimierte Lösungen im Hinblick einer Gesamtsystembetrachtung zu entwickeln. Sie sind darin geübt, mit angemessenen Methoden unter Einbeziehung moderner, ingenieurwissenschaftlicher Entwurfs- und Analyse-Software und unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen innovative Lösungen in einem interdisziplinären Kontext zu erarbeiten. Sie haben im Rahmen ihres Studiums bereits wissenschaftliche Arbeiten verfasst und verfügen so über die Befähigung zur selbstständigen wissenschaftlichen Arbeit. Sie sind imstande, sich die Informationen und Kenntnisse zu verschaffen, die zum Einstieg in eine neue Technik oder in verwandte Wissenschaftsdisziplinen notwendig sind. Sie können neue Entwicklungen in ihr Wissensschema einordnen und kritisch bewerten und sind in der Lage sich in neue Wissensbereiche einzuarbeiten. Sie haben gelernt, Ergebnisse ihrer Arbeit zu dokumentieren, zu präsentieren und zu kommunizieren.

#### Soziale Kompetenzen, Innovationskompetenzen und Kreativität

Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums Embedded Systems können ihre Ideen wirkungsvoll und mit zeitgemäßen Mitteln umsetzen und zeichnen sich durch Zielstrebigkeit und eine ergebnisorientierte Herangehensweise aus. Sie haben bereits praktische Erfahrung in der Teamarbeit und in der verantwortungsvollen Führung von Teams gesammelt. Sie verfügen über gute Kenntnisse der englischen Sprache, um auch international tätig werden zu können. Sie verstehen wirtschaftliche Zusammenhänge, verfügen über betriebswirtschaftliches Wissen für Projektmanagement, Produktentwicklung und –vermarktung und besitzen Kosten- und Qualitätsbewusstsein. Sie sind in der Lage, technische Entwicklungen in ihren sozialen und ökologischen Auswirkungen abzuschätzen und für eine menschengerechte Technik einzutreten.

### § 3 Dauer und Umfang

Der Arbeitsaufwand für das Masterstudium Embedded Systems beträgt 120 ECTS-Punkte. Dies entspricht einer vorgesehenen Studiendauer von vier Semestern als Vollzeitstudium.

ECTS-Punkte sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden. Ein Studienjahr umfasst 60 ECTS-Punkte.

### § 4 Zulassung zum Masterstudium

Die Zulassung zu einem Masterstudium setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder Fachhochschul-Bachelorstudienganges oder eines anderen gleichwertigen Studiums an einer anerkannten in- oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus.

Fachlich in Frage kommend ist jedenfalls das Bachelorstudium Elektrotechnik und die Bachelorstudien Technische Informatik sowie Software & Information Engineering an der Techni-

schen Universität Wien und das Bachelorstudium Elektrotechnik an der Technischen Universität Graz.

Wenn die Gleichwertigkeit grundsätzlich gegeben ist und nur einzelne Ergänzungen auf die volle Gleichwertigkeit fehlen, können zur Erlangung der vollen Gleichwertigkeit alternative oder zusätzliche Lehrveranstaltungen und Prüfungen im Ausmaß von maximal 30 ECTS-Punkten vorgeschrieben werden, die im Laufe des Masterstudiums zu absolvieren sind. Für spezielle Studienrichtungen existieren Standardvorschreibungen, die auf der Fakultätshomepage veröffentlicht sind und bei der Studienvertretung sowie beim Studiendekan aufliegen.

Personen, deren Erstsprache nicht Deutsch ist, haben die Kenntnis der deutschen Sprache, sofern dies gem. § 63 Abs. 1 Z 3 erforderlich ist, nachzuweisen. Da einzelne Lehrveranstaltungen auch in englischer Sprache abgehalten werden, sei neben der Beherrschung der deutschen Sprache hier auf die Notwendigkeit von ausreichenden Englischkenntnissen, wie sie insbesondere auch im weiteren Berufsleben vonnöten sind, ausdrücklich hingewiesen.

## § 5 Aufbau des Studiums

Die Inhalte und Qualifikationen des Studiums werden durch „Module“ vermittelt. Ein Modul ist eine Lehr- und Lerneinheit, welche durch Eingangs- und Ausgangsqualifikationen, Inhalt, Lehr- und Lernformen, den Regel-Arbeitsaufwand sowie die Leistungsbeurteilung gekennzeichnet ist. Die Absolvierung von Modulen erfolgt in Form einzelner oder mehrerer inhaltlich zusammenhängender „Lehrveranstaltungen“. Die Module zuzüglich der Diplomarbeit inklusive Diplomprüfung bilden „Prüfungsfächer“, deren Bezeichnung samt Umfang und Gesamtnote auf dem Abschlusszeugnis ausgewiesen wird.

Im Masterstudium Embedded Systems sind drei Pflichtmodule, drei Vertiefungspflichtmodule und drei Wahlmodule sowie das Modul „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“ und das Prüfungsfach „Diplomarbeit und kommissionelle Abschlussprüfung“ zu absolvieren.

### Prüfungsfach „Pflichtmodule“:

Anpassungsmodul Grundlagen Informatik oder Anpassungsmodul Elektrotechnik	9 ECTS
Design hochintegrierter Schaltungen	9,0 ECTS
Embedded Systems Core	9,0 ECTS

Die drei Pflichtmodule müssen von allen Studierenden absolviert werden.

### Prüfungsfach „Vertiefungspflichtmodule“:

Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung	9,0 ECTS
Automation und Robotik	9,0 ECTS
Bauelemente und Systeme – Vertiefung	9,0 ECTS
Communication Networks	9,0 ECTS
Formale Methoden	9,0 ECTS
Smart Grids	9,0 ECTS
Software Systems Engineering	9,0 ECTS
Systems on Chips Engineering	9,0 ECTS

Aus den acht Vertiefungspflichtmodulen sind drei verpflichtend zu absolvieren.

### **Prüfungsfach „Wahlmodule“:**

Advanced analog ICs	9,0 ECTS
Algorithmik	9,0 ECTS
Computer Vision	9,0 ECTS
Emerging Devices	9,0 ECTS
Formale Methoden – Vertiefung	9,0 ECTS
HW/SW CoDesign	9,0 ECTS
Industrielle Automation – Projekt	9,0 ECTS
Industrielle Kommunikations- und Sensor- netzwerke	9,0 ECTS
Materials and Electronics Technology	9,0 ECTS
Mathematische Methoden	9,0 ECTS
Mechatronische Systeme	9,0 ECTS
Mikro- und Nanosystemtechnik	9,0 ECTS
Network Security	9,0 ECTS
Optimale Systeme	9,0 ECTS
Robot Vision	9,0 ECTS
Signal Processing	9,0 ECTS
Smart Grids – Vertiefung	9,0 ECTS
Systems on Chips- Vertiefung	9,0 ECTS
Technologien und Materialien	9,0 ECTS
Zuverlässigkeit Mikroelektronik	9,0 ECTS

Es müssen drei Wahlmodule absolviert werden, die entweder aus der oben angeführten Liste der Wahlmodule stammen oder aus der Liste der Module in der Vertiefungspflichtmodulgruppe, die nicht als Vertiefungspflichtmodule gewählt wurden.

### **Prüfungsfach „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“**

Freie Wahlfächer und Transferable Skills	9,0 ECTS
--	----------

Das Modul „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“ setzt sich aus frei wählbaren Lehrveranstaltungen zusammen, wobei davon zumindest 4,5 ECTS-Punkte aus dem Bereich der „Transferable Skills“ zu wählen sind.

### **Prüfungsfach „Diplomarbeit und kommissionelle Abschlussprüfung“ (30 ECTS):**

s. § 9.



***In den Modulen des Masterstudiums Embedded Systems werden folgende Inhalte (Stoffgebiete) vermittelt:***

**Pflichtmodule:**

**Anpassungsmodul Grundlagen Informatik bzw. Grundlagen Elektrotechnik 9 ECTS**

Das Anpassungsmodul Grundlagen Informatik / Elektrotechnik basiert auf Pflichtlehrveranstaltungen der Bachelorstudien Technische Informatik bzw. Elektrotechnik und Informationstechnik, die nicht verpflichtender Inhalt des jeweils anderen Studiengangs sind und für die auch jeweils keine inhaltlich gleichwertigen oder ähnlichen Lehrveranstaltungen enthalten sind, die für das erfolgreiche Absolvieren des Masterstudiums Embedded Systems aber notwendig sind.

Hinweis: Bei Studierenden, die weder das Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik noch das Bachelorstudium Technische Informatik abgeschlossen haben, entscheidet der Studiendekan, welches Anpassungsmodul zu absolvieren ist.

**Design hochintegrierter Schaltungen 9 ECTS**

Die Beherrschung der analogen und digitalen integrierten Schaltungen ist für viele Fragestellungen in Embedded Systems und insbesondere für den Entwurf von ICs unerlässlich. Dieses Modul vermittelt ferner die analytischen Grundlagen zur Dimensionierung integrierter Schaltungen sowie die Methoden zu ihrer Modellierung.

Das Modul führt außerdem den Standard Design Flow für ASICs (Application Specific Integrated Circuit) und FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) ein. Ausgehend von einem RTL (Register Transfer Level) Model in VHDL werden Simulations- und Synthesewerkzeuge eingesetzt, um ein Design in der gegebenen Zieltechnologie zu implementieren, wobei die vorgegebenen nicht-funktionalen Requirements für Zeitverhalten, Leistungsverbrauch, Fläche, etc. eingehalten werden müssen.

**Embedded Systems Core 9 ECTS**

Dieses Modul bildet eine Einführung zu Embedded Systems und beinhaltet Architektur und Entwurf von integrierter Hard- und Software. Software kommt sowohl beim Entwurf von Embedded Systems als auch auf den Embedded Systems selbst zum Einsatz. Dieses Modul vermittelt Grundkenntnisse zu Requirements Engineering, Systems Engineering, Software Engineering sowie Human-Machine Interaction. Weiters werden die Grundlagen des Designs eines Embedded Systems in einem System-FPGA vermittelt. Ein System-FPGA beinhaltet Prozessor, verschiedenste Verarbeitungsböcke, Speicher, I/O, Interconnect, und Embedded Software.

**Vertiefungspflichtmodule:**

**Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung 9 ECTS**

Die Beherrschung des Layouts und der Verifikation analoger integrierter Schaltungen ist für den Entwurf von ICs unerlässlich. Dieses Modul vermittelt ferner die Grundlagen zum Test integrierter Schaltungen und vertieft die Kenntnisse der analogen integrierten und mixed-signal Schaltungstechnik.

**Automation und Robotik 9 ECTS**

Ziel des Moduls ist das Erwerben von Kenntnissen und Theorie der Automatisierungstechnik, Robotik und Machine Vision. Dies umfasst Kenntnisse der Grundlagen der Steuerungs- und Leittechnik, deren Aufgaben und Ziele in modernen Automatisierungs- und Produktionssystemen, sowie Kenntnisse der Theorie der Machine Vision, insbesondere für den anwendungsorientierten Einsatz in der Robotik und Automatisierungstechnik. Kenntnisse der Methoden zu diesen Themengebieten werden in praktischen Übungen zum Lösen von Problemstellungen aus der Robotik und Automatisierungstechnik verwendet.

**Bauelemente und Systeme - Vertiefung 9 ECTS**

In diesem Modul werden vertiefende Kenntnisse zu den physikalisch-technischen Grundlagen

der Mess- und Wandlerprinzipien mikro- und nanotechnisch hergestellter Sensoren, Aktuatoren und daraus resultierender Systeme in Theorie und Praxis vermittelt. Aktuelle Forschungstendenzen auf diesen Gebieten bestimmen den Inhalt der Lehrveranstaltungen.

### **Communication Networks**

**9 ECTS**

Dieses Modul behandelt grundlegende Konzepte drahtloser und drahtgebundener Kommunikationsnetze und vermittelt vertieftes Wissen zur Funktionsweise von Protokollen der Internet Protocol Suite sowie Grundlagen im Bereich Netzwerksicherheit. Um ein Verständnis für die zukünftigen Herausforderungen im Bereich der Kommunikationsnetze zu entwickeln, werden neben klassischen Internetkonzepten auch neue Ansätze aus der Future Internet Forschung diskutiert. In begleitenden praktischen Übungen wird das erlernte Wissen angewendet und vertieft. Alle Lehrveranstaltungen des Moduls finden in englischer Sprache statt.

### **Formale Methoden**

**9 ECTS**

Dieses Modul ist eine fortgeschrittene Einführung in formale Methoden der Informatik. Es umfasst zentrale Aspekte von Berechenbarkeit, Entscheidungsprozeduren, Semantik von Programmen und automatischer Verifikation. Außerdem ist dieses Modul eine fortgeschrittene Einführung in die computerunterstützte Verifikation mit einem Schwerpunkt auf Model Checking. Ausgehend von theoretischen Grundlagen und in der Vorlesung präsentierten Algorithmen wird speziell auf die Anwendung von Techniken des Model Checking auf praktische Anwendungen, auch neue, Wert gelegt.

### **Smart Grids**

**9 ECTS**

Informations- und Kommunikationstechnik ist ein zentraler Bestandteil von intelligenten Energienetzen (Smart Grids). Das Modul vermittelt die grundlegenden Technologien und Hilfsmittel, die zum Verständnis und zur Weiterentwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik in Energienetzen und zur Gestaltung von Smart Grids notwendig sind.

### **Software Systems Engineering**

**9 ECTS**

Der im Modul Embedded Systems Core gebotene Inhalt wird in diesem Modul spezifisch für Software erweitert bzw. vertieft, und zwar nicht nur in Form von Vorlesungen, sondern auch von praktischen Übungen. Dies umfasst Themen wie etwa Verifikation von Software durch systematisches Testen, Generieren von User Interfaces mit Software, Usability Tests und Studies, sowie Software im Zusammenhang mit Betriebssystemen.

### **Systems on Chips Engineering**

**9 ECTS**

Die Standard-Architekturen für homogene und heterogene Systems on Chips werden behandelt, wobei alle wichtigen Teilstrukturen wie Computation, Communication, Storage und Input/Output systematisch studiert werden. Weiters wird auf die SoC Infrastruktur wie Clock-Netzwerk, Power-Management, Security-Management, und Teststrukturen eingegangen. Das Modul behandelt den Architektur-aspekt der SoC Strukturen, aber auch Methoden und Werkzeuge für die Modellierung, Synthese, Dimensionierung, Verifizierung, und Analyse von SoCs.

## **Wahlmodule:**

### **Advanced analog ICs**

**9 ECTS**

Die Kenntnisse der Eigenschaften und der über More-Moore hinausgehenden Möglichkeiten integrierter Schaltungen und von AISCs ist für Ingenieure der Embedded Systems eine wichtige Ergänzung. Ferner vermittelt dieses Modul vertiefende Kenntnisse zu aktuellen Fragestellungen zu More-Moore sowie zu integrierten optischen Sensoren inklusive der entsprechenden Schaltungstechnik.

### **Algorithmik**

**9 ECTS**

This module covers advanced algorithms and data structures, and algorithm analysis. It has an emphasis on (but is not limited to) machine learning, problem solving and optimization methods with exact as well as heuristic and approximative algorithms, geometric algorithms, and distributed algorithms. The module considers theoretical foundations as well as practical applications and contains lectures as well as different forms of exercises and seminars.



**Computer Vision****9 ECTS**

Dieses Modul vertieft die Grundlagen der in der VU Machine Vision und kognitive Robotik erarbeiteten Inhalte von Computer Vision. Vertiefende Konzepte der 2D Bildverarbeitung, 3D Bildverarbeitung und Videoanalyse sowie Objekterkennung in visuellen Daten sind Kerninhalt dieses Moduls, das ein tiefgehendes Verständnis der Basiskonzepte der Computer Vision zum Ziel hat.

**Emerging Devices****9 ECTS**

Auf dem Weg die Informationstechnologie weiter voran zu treiben, ist das tiefgreifende Verständnis der Funktionsweise und Technologie moderner mikroelektronischer Bauelemente der Schlüssel zur Entwicklung zukünftiger integrierter Schaltkreise. Das Modul setzt das im Bachelor-Studium vermittelte Wissen im Bereich der Mikroelektronik, Nanoelektronik, Werkstoffe, Festkörperphysik und Simulationen voraus und vermittelt tiefgehendes Wissen aus dem Bereich der aktuellen Mikroelektronik, Optoelektronik, sowie die zugrunde liegende Physik der Funktionsweise neuartiger Bauelemente (emerging devices) und Fertigungsprozesse.

**Formale Methoden - Vertiefung****9 ECTS**

Extending the Module Formale Methoden, this module deals with computer-aided methods for the verification of computer-systems with applications in the verification of software, hardware, embedded systems, protocols, and high-level models. The module covers a broad area of subjects including semantic and logical foundations, modeling formalisms, algorithmic verification methods, program analysis, model checking, theorem proving, and testing.

**HW/SW CoDesign****9 ECTS**

Wesentliches Ziel dieses Moduls ist das Zusammenführen der bis dahin isoliert erworbenen Kenntnisse in HW- und SW-Design und das Umsetzen einer komplexeren Applikation bestehend aus selbst zu entwerfenden HW- und SW-Teilen. Die globale Optimierung des Gesamtsystems hinsichtlich typischer Kriterien wie Ressourcenverbrauch und Performance spielt dabei eine zentrale Rolle. Der Bogen der einzusetzenden Kenntnisse reicht von digitaler Logik über FPGA-Design und Prozessorarchitektur bis hin zu Software-Implementierung in einer Hochsprache bzw. auch in Assembler und Codegeneratoren. Es soll ein tiefes Verständnis des Zusammenspiels sowie der grundlegenden Eigenschaften von SW einerseits und HW andererseits vermittelt werden.

**Industrielle Automation - Projekt****9 ECTS**

Ziel dieses Wahlmoduls ist es, Studierende in individuellen Projekten aus den Forschungsgebieten Automation, Robotik oder Instrumentierung an das wissenschaftliche Arbeiten heranzuführen und in Grundlagen der Projektplanung und Projektorganisation zu schulen.

**Industrielle Kommunikations- und Sensornetzwerke****9 ECTS**

Im Rahmen der Moduls werden Grundlagen industrieller Kommunikationsnetze vermittelt: Protokolle, drahtlose und drahtgebundene Basistechnologien, Echtzeitverhalten, Standardisierung, Security- und Safety-Aspekte, Anwendungsbeispiele. Im Zuge einer Projektarbeit können die Studierenden aus individuell im Kontext aktueller Forschungsarbeiten ausgeschriebenen Themen wählen und diese allein oder im Team unter Betreuung der jeweiligen Assistenten bearbeiten.

**Materials and Electronics Technology****9 ECTS**

Dieses Modul vermittelt Kenntnissen im Bereich der Eigenschaften, Herstellung, Charakterisierung und Verarbeitung von Materialien, die insbesondere bei Sensoren, elektronischen Bauteilen, Baugruppen und Systemen zum Einsatz kommen. Ferner werden einschlägige Technologien, die bei der Aufbau –und Verbindungstechnik zum Einsatz kommen, einschließlich wesentlicher Aspekte der Zuverlässigkeit vertiefend behandelt.

**Mathematische Methoden****9 ECTS**

Das Modul behandelt mathematischen Modellbildung und numerischen Methoden. Der Inhalt umfasst gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen, Differential-Algebraische Gleichungen, objektorientierte Modellierung, diskrete Modellierung, hybride Modellierung sowie Stabilität von numerischen Algorithmen, Numerik von gewöhnlichen und partiellen Differential-

gleichungen, Linienmethode, Diskretisierungsverfahren und Numerik von Randwertproblemen. Die Themengebiete sollen sowohl theoretisch als auch praktisch behandelt werden.

**Mechatronische Systeme** **9 ECTS**

Im Modul Mechatronische Systeme werden Methoden des Systemdesigns und der Systemintegration behandelt, sowie gängige Automatisierungskomponenten vorgestellt. Bei den Aktuator- und Sensorprinzipien stehen vor allem die für die Präzisions- und Hochtechnologie wichtigen Systeme im Vordergrund. Das Modul gliedert sich in einen Vorlesungsteil mit Übungen und einen Laborteil.

**Mikro- und Nanosystemtechnik** **9 ECTS**

Im Modul „Mikro- und Nanosystemtechnik“ werden aktuelle Fragestellungen über neuartige Fertigungsprozesse, Bauelementekonzepte und daraus resultierende Systeme behandelt. Dies umfasst auch die Simulation von Mikrosystemen sowie Aspekte der Aufbau –und Verbindungstechnik für sensorische, aktorische und fluidische Bauelemente.

**Network Security** **9 ECTS**

Das Modul behandelt Themen der Netzwerksicherheit und stellt Methoden zur Realisierung von Sicherheitsmaßnahmen in Kommunikationsnetzen vor. Das Modul vermittelt Grundlagen der Kryptographie, Sicherheitskonzepte für Kommunikationsprotokolle sowie Methoden der Anomalie-Erkennung. Die erlernten Inhalte werden in begleitenden Übungen angewendet und vertieft. In einem Seminar werden aus-gewählte Themen aus der aktuellen Forschung diskutiert. Alle Lehrveranstaltungen des Moduls finden in englischer Sprache statt.

**Optimale Systeme** **9 ECTS**

Das Modul Optimale Systeme beinhaltet die grundlegenden mathematischen Konzepte der Optimierungstheorie sowie deren Anwendung im Bereich der Automatisierungs- und Regelungstechnik. Im Speziellen werden optimierungsbasierte Verfahren für die Systemidentifikation, den Steuerungs- und Regelungsentwurf und den Beobachterentwurf behandelt und anhand von konkreten Laborversuchen unter Verwendung moderner Software- und Automatisierungssysteme angewandt.

**Robot Vision** **9 ECTS**

Das Modul bietet einen Einblick in Bildverarbeitung im Einsatz in der industriellen Robotik und Automatisierungstechnik und in aktuelle Kapitel der Forschung. Im Zuge von Vertiefungsarbeiten wird der Stand der Technik vertieft und auf das selbstständige Durchführen von wissenschaftlichen Arbeiten vorbereitet.

**Signal Processing** **9 ECTS**

Das Modul Signal Processing baut auf den Vorlesungen Signale und Systeme I+II des Bachelorstudiums Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Technische Informatik sowie den Grundlagen der Nachrichtentechnik auf und vermittelt grundlegendes Wissen über Theorie und Methoden der digitalen Signalverarbeitung in deterministischen und stochastischen Systemmodellen.

**Smart Grids - Vertiefung** **9 ECTS**

Informations- und Kommunikationstechnik ist ein zentraler Bestandteil von intelligenten Energienetzen (Smart Grids). Das Modul vermittelt vertiefte Kenntnisse über Technologien und Hilfsmittel, die zum Verständnis, zur Entwicklung und zur weitergehenden wissenschaftlichen Beschäftigung mit Smart Grids und der Gestaltung von Energienetzen unter Einbeziehung von Informations- und Kommunikationstechnik notwendig sind.

**Systems on Chips - Vertiefung** **9 ECTS**

Anhand eines SoC Design-Projektes werden die Kenntnisse bezüglich Entwurf, Modellierung, Analyse, Verifikation und Implementierung eines kompletten SoCs vertieft und angewandt. Mit dem Gebrauch industrieller Werkzeuge werden die Studierenden an den industriellen Stand der Technik herangeführt.

**Technologie und Materialien** **9 ECTS**

Das Modul Technologie & Materialien vermittelt umfassende Kenntnisse der Technologien und

Materialien, die die Basis für die moderne Nanoelektronik, Nanophotonik und Mikrosystemtechnik bilden. Die Schwerpunkte auf der Materialseite bilden Element- und Verbindungshalbleiter der Gruppen IV und III-V, sowie Oxidkeramiken. Ausgehend von deren materialwissenschaftlichen Grundlagen werden die Schlüsseltechnologien für die Herstellung von mikro- und nanoskaligen 1-, 2- und 3-dimensionalen Strukturen und Bauelementen erarbeitet.

### **Zuverlässigkeit Mikroelektronik**

**9 ECTS**

Im Wahlmodul Zuverlässigkeit Mikroelektronik werden die wichtigsten Degradationsprozesse, die schlussendlich zum Ausfall einzelner Bauelemente oder gar der ganzen Schaltung führen, behandelt. Das Modul umfasst sowohl theoretische als auch anwendungsorientierte Aspekte.

### **Freie Wahlfächer und Transferable Skills**

Das Modul dient der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.

## **§ 6 Lehrveranstaltungen**

Die Stoffgebiete der Module werden durch Lehrveranstaltungen vermittelt. Die Lehrveranstaltungen der einzelnen Module sind im Anhang in den Modulbeschreibungen spezifiziert. Lehrveranstaltungen werden durch Prüfungen im Sinne des UG beurteilt. Die Arten der Lehrveranstaltungsbeurteilungen sind in der Prüfungsordnung (§ 7) festgelegt.

Jede Änderung der Lehrveranstaltungen der Module wird in der Evidenz der Module dokumentiert und ist mit Übergangsbestimmungen zu versehen. Jede Änderung wird in den Mitteilungsblättern der Technischen Universität Wien veröffentlicht. Die aktuell gültige Evidenz der Module liegt sodann im Dekanat der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität Wien auf.

## **§ 7 Prüfungsordnung**

Den Abschluss des Masterstudiums bildet die Diplomprüfung. Sie beinhaltet

1. die erfolgreiche Absolvierung aller im Studienplan vorgeschriebenen Module, wobei ein Modul als positiv absolviert gilt, wenn die ihm zuzurechnenden Lehrveranstaltungen gemäß Modulbeschreibung positiv absolviert wurden,
2. die Abfassung einer positiv beurteilten Diplomarbeit und
3. eine kommissionelle Abschlussprüfung. Diese erfolgt mündlich vor einem Prüfungssenat gemäß § 12 und § 19 der Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien und dient der Präsentation und Verteidigung der Diplomarbeit und dem Nachweis der Beherrschung des wissenschaftlichen Umfeldes. Dabei ist vor allem auf Verständnis und Überblickswissen Bedacht zu nehmen. Die Anmeldevoraussetzungen zur kommissionellen Abschlussprüfung gemäß § 18 Abs.1 der Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien sind erfüllt, wenn die Punkte 1 und 2 erbracht sind.

Das Abschlusszeugnis beinhaltet

- (a) die Prüfungsfächer mit ihrem jeweiligen Umfang in ECTS-Punkten und ihren Noten,
- (b) das Thema und die Note der Diplomarbeit,
- (c) die Note der kommissionellen Abschlussprüfung,
- (d) die Gesamtbeurteilung basierend auf den in (a) angeführten Noten gemäß UG § 73 (3) in der Fassung vom 26. Juni 2017 sowie die Gesamtnote.

Die Note des Prüfungsfaches „Diplomarbeit“ ergibt sich aus der Note der Diplomarbeit. Die Note jedes anderen Prüfungsfaches ergibt sich durch Mittelung der Noten jener Lehrveranstaltungen, die dem Prüfungsfach über die darin enthaltenen Module zuzuordnen sind, wobei die Noten mit dem ECTS-Umfang der Lehrveranstaltungen gewichtet werden. Bei einem Nachkommateil kleiner gleich 0,5 wird abgerundet, andernfalls wird aufgerundet. Die Gesamtnote ergibt sich analog zu den Prüfungsfachnoten durch gewichtete Mittelung der Noten aller dem Studium zuzuordnenden Lehrveranstaltungen sowie der Noten der Diplomarbeit und der Abschlussprüfung.

Lehrveranstaltungen des Typs VO (Vorlesung) werden aufgrund einer abschließenden mündlichen und/oder schriftlichen Prüfung beurteilt. Alle anderen Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter, d.h., die Beurteilung erfolgt laufend durch eine begleitende Erfolgskontrolle sowie optional durch eine zusätzliche abschließende Teilprüfung.

Der positive Erfolg von Prüfungen und wissenschaftlichen sowie künstlerischen Arbeiten ist mit "sehr gut" (1), "gut" (2), "befriedigend" (3) oder "genügend" (4), der negative Erfolg ist mit "nicht genügend" (5) zu beurteilen.

## § 8 Studierbarkeit und Mobilität

Studierende im Masterstudium Embedded Systems sollen ihr Studium mit angemessenem Aufwand in der dafür vorgesehenen Zeit abschließen können. Dies wird durch die Lehrvereinbarungen, die zwischen dem studienrechtlichen Organ und den Lehrveranstaltungsleitern abgeschlossen werden, umgesetzt.

Die Anerkennung von im Ausland absolvierten Studienleistungen erfolgt durch das zuständige studienrechtliche Organ. Um die Mobilität zu erleichtern stehen die in § 27 Abs. 1 bis 3 der Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der TU Wien angeführten Möglichkeiten zur Verfügung. Diese Bestimmungen können in Einzelfällen auch zur Verbesserung der Studierbarkeit eingesetzt werden.

Lehrveranstaltungen für die ressourcenbedingte Teilnahmebeschränkungen gelten sind in der Beschreibung des jeweiligen Moduls entsprechend gekennzeichnet, sowie die Anzahl der verfügbaren Plätze und das Verfahren zur Vergabe dieser Plätze festgelegt. Die Lehrveranstaltungsleiterinnen und Lehrveranstaltungsleiter sind berechtigt, für ihre Lehrveranstaltungen Ausnahmen von der Teilnahmebeschränkung zuzulassen.

Bei Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter (EX, UE, LU, PR, VU, SE) können Studierende, die sich als berufstätig oder mit Betreuungspflichten deklariert haben, vor Beginn der Lehrveranstaltung mit der Leiterin bzw. dem Leiter der Lehrveranstaltung eine Sonderregelung betreffend Besuch und Leistungskontrolle vereinbaren.

## § 9 Diplomarbeit

Die Diplomarbeit ist eine wissenschaftliche Arbeit, die dem Nachweis der Befähigung dient, ein wissenschaftliches Thema selbstständig inhaltlich und methodisch vertretbar zu bearbeiten. Das Prüfungsfach Diplomarbeit, bestehend aus der wissenschaftlichen Arbeit und der kommissionellen Gesamtprüfung, wird mit 30 ECTS-Punkten bewertet, wobei der kommissionellen Gesamtprüfung 3 ECTS zugemessen werden. Das Thema der Diplomarbeit ist von der oder dem Studierenden frei wählbar und muss im Einklang mit dem Qualifikationsprofil stehen.

Richtlinien zur Durchführung der Diplomarbeit und zum genauen Ablauf der kommissionellen Prüfung werden von der Studienkommission festgelegt.

## § 10 Akademischer Grad

Den Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums Embedded Systems wird der akademische Grad „Diplom-Ingenieur“/„Diplom-Ingenieurin - abgekürzt „Dipl.-Ing.“ oder „DI“ (international vergleichbar mit „Master of Science“) - verliehen.

## § 11 Integriertes Qualitätsmanagement

Das integrierte Qualitätsmanagement gewährleistet, dass der Studienplan des Masterstudiums Embedded Systems konsistent konzipiert ist, effizient abgewickelt und regelmäßig überprüft bzw. kontrolliert wird. Geeignete Maßnahmen stellen die Relevanz und Aktualität des Studienplans sowie der einzelnen Lehrveranstaltungen im Zeitablauf sicher; für deren Festlegung und Überwachung sind das Studienrechtliche Organ und die Studienkommission zuständig.

Die semesterweise Lehrveranstaltungsbewertung liefert, ebenso wie individuelle Rückmeldungen zum Studienbetrieb an das Studienrechtliche Organ, zumindest für die Pflichtlehrveranstaltungen ein Gesamtbild über die Abwicklung des Studienplans für alle Beteiligten. Insbesondere können somit kritische Lehrveranstaltungen identifiziert und in Abstimmung zwischen studien-

rechtlichem Organ, Studienkommission und Lehrveranstaltungsleiterin und -leiter geeignete Anpassungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt werden.

Die Studienkommission unterzieht den Studienplan in einem dreijährigen Zyklus einem Monitoring, unter Einbeziehung wissenschaftlicher Aspekte, Berücksichtigung externer Faktoren und Überprüfung der Arbeitsaufwände, um Verbesserungspotentiale des Studienplans zu identifizieren und die Aktualität zu gewährleisten.

Jedes Modul besitzt eine Modulverantwortliche oder einen Modulverantwortlichen. Diese Person ist für die inhaltliche Kohärenz und die Qualität der dem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen verantwortlich. Diese wird insbesondere durch zyklische Kontrollen, inhaltliche Feinabstimmung mit vorausgehenden und nachfolgenden Modulen sowie durch Vergleich mit analogen Lehrveranstaltungen bzw. Modulen anderer Universitäten im In- und Ausland sichergestellt.

## **§ 12 Inkrafttreten**

Dieser Studienplan tritt am 1. Oktober 2021 in Kraft.

## **§ 13 Übergangsbestimmungen**

Die Übergangsbestimmungen werden gesondert im Mitteilungsblatt verlautbart und liegen im Dekanat der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität Wien auf.

## Anhang: Modulbeschreibungen Pflichtmodule (alphabetisch)

Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<b><i>Anpassungsmodul Grundlagen Informatik</i></b>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Beherrschung der wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden der Informatik und Besitz der Kenntnisse, die im Bachelorstudium Technische Informatik vermittelt werden und nicht in gleichwertiger Form im Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik enthalten sind, und die relevant für das Masterstudium Embedded Systems sind.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Aufgabenstellungen der Technischen Informatik einschließlich angrenzender interdisziplinärer Fachgebiete wissenschaftlich analysieren, formal beschreiben und dafür geeignete Modelle entwickeln. Mit angemessenen Methoden unter Einbeziehung aktueller Hilfsmittel der Informationsverarbeitung und unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen kreativ Lösungen für diese Aufgabenstellung zu erarbeiten.</p>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
<p>Theoretische Informatik und Logik für Elektrotechnik: Spezifikation formaler Sprachen: reguläre und kontextfreie Sprachen (vertiefend), Chomsky-Hierarchie, endliche Automaten (vertiefend), Kellerautomaten, Turingmaschinen, Elemente der Komplexitätstheorie; Syntax-Semantik-Schnittstelle, Modellstrukturen, Terme und Boolesche Ausdrücke; klassische Aussagen- und Prädikatenlogik: Logische Konsequenz und Implikation, Normalformen.</p> <p>Betriebssysteme für Elektrotechnik: Programmierung in der Systemprogrammiersprache C, Programmierkonventionen und -richtlinien, Betriebssystemprogrammierung und Programmierumgebungen (GNU/Linux), Synchronisation paralleler Prozesse (Semaphoren, Eventcounter, Sequencer, ...), Signale und Signalbehandlung, Interprozesskommunikation (mittels Shared Memory, Pipes, Sockets).</p> <p>Echtzeitsysteme für Elektrotechnik: Grundlagen: Echtzeitsysteme, Zeitabhängigkeit von Information, logische und temporale Ordnung, Modellbildung von Echtzeitsystemen: Zustand und Ereignis, Komponenten, Interfaces, Echtzeitinformation, Echtzeitkommunikation, Kommunikationsprotokolle für Echtzeitsysteme, Uhrensynchronisation, Fehlertoleranz in Echtzeitsystemen, Echtzeitbetriebssysteme: Taskstruktur, Ressourcenmanagement, I/O, Scheduling, Worst-Case Zeitanalyse von Tasks, Energieverbrauch und Energiemanagement von Echtzeitsystemen, Design von Echtzeitsystemen: Architekturmodelle, Composability, Designprinzipien, Zertifizierung</p> <p>Dependable Systems: Grundlagen: Zuverlässigkeit, Wartbarkeit, Verfügbarkeit, MTTF, Quantitative Analysen: Blockdiagramme, Fehlerbäume, Markov-Prozesse, Sicherheit, Fehlermodelle, Wartung, Alterungsfehler, Entwurfsfehler, Fehlertolerante Computersysteme: Redundanz, Fehlerlatenz, Voting, Recovery Blocks, N-Version Programming, Synchronisation, Fallstudien von zuverlässigen bzw. fehlertoleranten Systemen, Fehler und Zuverlässigkeitesmodellierung/analyse mit Tools.</p>		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		

Grundsätzlich wird empfohlen, die VO Betriebssysteme für Elektrotechnik vor der VU Dependable Systems zu absolvieren.

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Grundkenntnisse der linearen Algebra und Analysis, insbesondere Grundkenntnisse zu Mengenlehre, Metriken, Folgen und Reihen, Kenntnisse von Zahlendarstellungen in Computern, Boole'scher Algebra und Logik, Grundkenntnisse von Digitalen Systemen und Microcomputern, Programmiersprachen, sowie Kenntnisse der systematischen Vorgehensweise bei der Programmerstellung.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Interpretieren und Arbeiten mit Zahlendarstellungen, logischen Ausdrücken, Automaten und Grammatiken. Kenntnisse der Programmierung in einer Programmiersprache und der systematischen Programmerstellung und Evaluation.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Die Inhalte werden in einem Vorlesungsteil vorgestellt und in begleitenden Übungen von den Studierenden erarbeitet. Die Übungsaufgaben können zeitlich und örtlich weitgehend ungebunden einzeln oder in Gruppen gelöst werden. Die Lösungen werden bei regelmäßigen Treffen mit Lehrenden und TutorInnen besprochen und korrigiert. Die Beurteilung erfolgt auf Basis schriftlicher Tests und der kontinuierlich in den Übungen erbrachten Leistungen. Der Übungsbetrieb und die Tests können computerunterstützt durchgeführt werden.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Einführung in Theoretische Informatik und Logik</i>	3,0	2,0
<i>VO Betriebssysteme für Elektrotechnik</i>	1,5	2,0
<i>VO Echtzeitsysteme für Elektrotechnik</i>	1,5	2,0
<i>VU Dependable Systems</i>	3,0	3,0



# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

## *Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Beherrschung der wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden der Elektrotechnik und Besitz der Kenntnisse, die im Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik vermittelt werden und nicht in gleichwertiger Form im Bachelorstudium Technische Informatik enthalten sind, und die relevant für das Masterstudium Embedded Systems sind.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Aufgabenstellungen der Elektrotechnik und Informationstechnik einschließlich angrenzender interdisziplinärer Fachgebiete wissenschaftlich analysieren, formal beschreiben und dafür geeignete Modelle entwickeln. Mit angemessenen Methoden unter Einbeziehung aktueller Hilfsmittel der Informationsverarbeitung und unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen kreativ Lösungen für diese Aufgabenstellung zu erarbeiten.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Halbleiterphysik: Grundbegriffe der Quantenmechanik, Schwingungen und Wellen, Schrödinger-Gleichung, Tunneleffekt; Wasserstoffatom, Periodensystem, periodische Festkörperstrukturen, Energiebänder; Atomare Bindungskräfte, Wellennatur der Elektronen, Kristallstruktur, Bandstruktur.

Photonik: Grundkenntnisse der technischen Optik, wie sie zum Verständnis der Lasertechnik, der optischen Kommunikation und der Optoelektronik benötigt werden. Einführung in die Grundlagen photonischer Prozesse (Impulsausbreitung und Strahlenausbreitung, optische Verstärkung, Elektrooptik, Akustooptik und Magnetooptik, Wellenleitung, nichtlineare Optik usw.), Beschreibung photonischer Komponenten (Laser, Verstärker, Modulatoren, Wellenleiter, Filter, Frequenzmischer, Detektoren usw.).

Sensorik und Sensorsysteme: Messprinzipien und Ausführungsformen von Sensorelementen zur Erfassung chemischer Messgrößen (wie z.B. Stoffkonzentrationen, Stoffarten, usw.) und physikalischer, nichtelektrischer Messgrößen (wie z.B. Kraft, Druck, Beschleunigung, Drehrate, Geschwindigkeit, usw.); verwendete Materialien; Systemintegration von Sensorelementen. Technologie mikrotechnisch hergestellter Bauelemente. Aktuelle Einsatzgebiete von mikrotechnisch hergestellten Sensorelementen.

Schaltungstechnik: Leistungsverstärker, Operationsverstärkerschaltungen, Stabilität rückgekoppelter Schaltungen, Analogschalter und -multiplexer, Rauschen elektronischer Schaltungen, Elektronische Systeme, Baugruppen und Module, Simulation, Simulations- und Designwerkzeuge, Beschreibungssprachen, Integration von Systemen, Entwurfsstrategien, DSPs, ASICs, SoCs.

Energieversorgung: Anforderungen an die Energieversorgung. Struktur der Energiesysteme: Energieumwandlung, Übertragung und Verteilung. Grundlagen der Berechnung und Simulation von Energiesystemen: Gleich-, Wechselstrom- und Drehstromsysteme, Leistungsfluss- und Kurzschlussberechnung. Lastprognose, Primär- und Sekundärregelung, Bilanzgruppen und Ausgleichsenergie, Anforderungen an die Energieversorgung, Grundlagen konventioneller und nachhaltiger Energiesysteme.

Elektronische Bauelemente: Alle wichtigen Halbleiterbauelemente und Grundschaltungen (Dioden, Transistoren, Verstärker, Strom- und Spannungsquellen; moderne Speicherbausteine, Leistungsbauelemente, Hochfrequenzbauelemente, aktuelle Entwicklungen). Aufbau, Funktion und Charakterisierung, sowie Klein- und Großsignal-Ersatzschaltungen für den statischen und

den dynamischen Fall, Modellbeschreibungen für diese Bauelemente und deren Grundschaltungen.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Theoretische Kenntnisse der mathematischen Grundlagen, der Physik und der Elektrotechnik.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Fähigkeit zur Lösung physikalischer und mathematischer Fragestellungen in den Ingenieurwissenschaften.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen in Rechen- und Laborübungen. Schriftliche und/oder mündliche Prüfung mit Verständnis- und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Leistungskontrolle durch regelmäßige Tafelleistung in Übungsteilen.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module) Mindestens 9 ECTS aus dieser Liste müssen absolviert werden	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VO Halbleiterphysik für Informatik</i>	3,0	2,0
<i>VO Photonik 1</i>	3,0	2,0
<i>VO Sensorik und Sensorsysteme</i>	3,0	2,0
<i>VU Schaltungstechnik</i>	3,0	2,0
<i>VO Energieversorgung</i>	3,0	2,0
<i>VO Elektronische Bauelemente für Informatik</i>	3,0	2,0

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

## *Design hochintegrierter Schaltungen*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse der Theorie der unten genannten Themengebiete, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz in Embedded Systems relevant sind. Kenntnisse über mathematische Methoden zu unten genannten Themengebieten zum Lösen von Problemstellungen speziell für die Dimensionierung und den Entwurf integrierter Schaltungen sowie zu deren Anwendung.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten und zur eigenständigen Entwicklung analoger und digitaler integrierter Schaltungen.

Die Beherrschung der Grundlagen des methodischen Entwurfs integrierter analoger und digitaler Schaltungen zur Entwicklung von mixed-signal ICs oder analog-digitaler Systems-on-Chip ist in der Halbleiterindustrie unerlässlich. Dieses Modul vermittelt das grundlegende Wissen für den Entwurf modernster integrierter Schaltungen.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Einführung in die Grundlagen analoger und digitaler integrierter Schaltungen, analoge integrierte Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen, Methoden zur Verbesserung des Matchings, Methodik zu Entwurf und Dimensionierung analoger ICs, Simulation integrierter Schaltungen, Entwurf digitaler Schaltungen mittels VHDL und auf Registertransferebene, Methoden und Algorithmen für die Synthese digitaler Schaltungen, Methoden und Algorithmen für die Timing und Power Analyse digitaler Schaltungen.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- **Fachliche und methodische Kenntnisse**

Grundlegende Kenntnisse aus den Bereichen analoge und digitale Schaltungen, Grundlagen der diskreten Schaltungstechnik, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie und Halbleiterphysik, sowie der Inhalt der VO Schaltungstechnik, der VO Digitale Systeme und der VO Microcomputer werden erwartet.

- **Kognitive und praktische Fertigkeiten**

Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Schriftliche oder mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen bzw. Simulationsaufgaben, Tests möglich.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module) Beide VUs sind verpflichtend, sowie eine der angebotenen Laborübungen ist wahlweise zu absolvieren.	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Analoge integrierte Schaltungen</i>	3,0	2,0
<i>VU Digitale integrierte Schaltungen</i>	3,0	2,0
<i>LU Labor Analoge integrierte Schaltungen</i>	3,0	2,0
<i>UE Labor Digitale integrierte Schaltungen</i>	3,0	2,0

Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<b><i>Embedded Systems Core</i></b>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Die Studierenden erwerben Kenntnisse zum Requirements-, Software- und Systems Engineering, zu fundamentalen Konzepten zur Human-Machine Interaction, zur Modellierung von Hardware zur Simulation und zur Synthese und zur grundlegende Analyse und Optimierung von Hardwarestrukturen und zum Lösen von Problemstellungen speziell für die Dimensionierung und den Entwurf integrierter Schaltungen sowie zu deren Anwendung.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Die Studierenden sind in der Lage, mit aktuellen Methoden Modelle zu Systemen zu entwickeln, die aus Software und Elektronik bestehen.</p>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
Requirements Engineering; Architekturen, Software Design, Software Patterns; Einsatz und Wartung, Systemevolution, Re-Engineering (inkl. Reverse Engineering), Product-line Engineering; Rapid Prototyping; Life-cycle Approaches; Human Factors, Entwurf von User Interfaces, Usability Engineering. Hardware Design, Integrierte Schaltkreise, Hardware Modellierung, Optimierung, Simulation, Validierung		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Kenntnisse von objektorientierten Prinzipien. Grundlagen von Digitalen Schaltkreisen, Boolesche Algebra, Betriebssystemen und Rechnerarchitektur. Inhalte der VU Digitale Integrierte Schaltungen oder gleichwertiger Lehrveranstaltung.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Abstraktionsfähigkeit und Programmierkenntnisse;. Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen.</p>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Themen sowie Illustration der Anwendung derselben an Beispielen. Praktische Realisierung von einfachen aber vollständigen eingebetteten Systemen in FPGAs.		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VO Software und Systems Engineering</i>	3,0	2.0
<i>VO Human-Machine Interaction</i>	1,5	1.0

<i>VU Embedded Systems in FPGAs</i>	4,5	3,0
-------------------------------------	-----	-----

## Anhang: Modulbeschreibungen Vertiefungspflichtmodule (alphabetisch)

Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<i>Analoge Schaltungen / Mixed Signal - Vertiefung</i>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Vertiefung der unten genannten Themengebiete, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz in Embedded Systems relevant sind. Kenntnisse über EDV-gestützte Entwurfsmethoden sowie zur Verifizierung von analogen integrierten Schaltungen. Kenntnisse modernster integrierter analoger und mixed Signal Schaltungstechnik.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Kognitive und praktische Fertigkeiten</b></li> </ul> <p>Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf Fragestellungen des IC-Entwurfs. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten sowie zur eigenständigen Entwicklung analoger und mixed-signal Schaltungen sowie von ASICs.</p> <p>Vertiefung des methodischen Entwurfs testbarer, integrierter analoger Schaltungen. Layouterstellung und der Verifikation von IC-Entwürfen. Dieses Modul vermittelt vertiefende Fertigkeiten für den Entwurf modernster integrierter analoger und mixed-signal Schaltungen.</p>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
Einführung in die Testsystematik integrierter Schaltungen, Layout analoger Schaltungsmodule, Design-Rule Check, Layout Versus Schematic, Extraktion und Postlayoutsimulation analoger ICs, moderne Schaltungstechnik analoger integrierter und mixed Signal Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen.		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Fachliche und methodische Kenntnisse</b></li> </ul> <p>Kenntnisse zu analogen integrierten Schaltungen, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie und Halbleiterphysik, zum Entwurf analoger integrierter Schaltungen sowie der Inhalt der VO Analoge integrierte Schaltungen wird erwartet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Kognitive und praktische Fertigkeiten</b></li> </ul> <p>Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen.</p>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen und Entwurfsaufgaben, Tests möglich.		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)



*SE Seminar Mixed-Signal ICs*

3,0

2,0

*VU Schaltungstechnik Vertiefung*

6,0

4,0

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

***Automation und Robotik***

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Ziel des Moduls ist das Erwerben von Kenntnissen und Theorie der unten genannten Themengebiete der Automatisierungstechnik, Robotik und Machine Vision. Dies umfasst Kenntnisse der Grundlagen der Steuerungs- und Leittechnik, sowie deren Aufgaben und Ziele in modernen Automatisierungs- und Produktionssystemen. Es werden Entwurfs- und Bewertungsmethoden, sowie unterschiedliche Plattformen zur Implementierung von Automatisierungslösungen vermittelt. Das Modul vermittelt Kenntnisse der Theorie der Machine Vision, insbesondere für den anwendungsorientierten Einsatz in der Robotik und Automatisierungstechnik. Kenntnisse der Methoden zu diesen Themengebieten werden in praktischen Übungen zum Lösen von Problemstellungen aus der Robotik und Automatisierungstechnik verwendet.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Praktische Kenntnisse zum Entwurf und der Implementierung von Automatisierungssystemen und Ansätzen aus der Robotik und Machine Vision werden im Rahmen der Übung und Laborübung erworben. Insbesondere der selbstständige Entwurf unter Anwendung aktueller Methoden und Werkzeugen wird vermittelt. Dabei wird die Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten von Systemen zur Automatisierung und Robotik unter geeigneter Auswahl von Methoden und Werkzeugen erworben.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Automatisierungspyramide; Aufgaben der Prozessleittechnik; steuerungs- und leittechnische Architekturen; Komponenten der Leittechnik (Sensoren, Aktuatoren, Steuerungen); Echtzeitsysteme; zyklische und ablaufgesteuerte Prozesse, Steuerung und Regelung in der Verfahrens- und Produktionstechnik; Entwurfsmethoden der Prozessleittechnik; Sicherheit, Zuverlässigkeit; Industrielle Steuerungssysteme (Aufbau, Funktionsweise, Verwendung), Prozessvisualisierung und SCADA. Schwerpunkte im Bereich der Robotik: Industrie- und Service Roboter, situiertes Sehen für Roboter, Systemaspekte. Schwerpunkte in folgenden Themengebieten der Bildverarbeitung: Maschinelles Sehen, Computer Sehen, Kantenerkennung, Regionenbeschreibung und Merkmalsextraktion, Objektverfolgung, Tiefenbildaufnahme und Methoden und Tiefenbildbearbeitung, Methoden zur Objekterkennung, Gestalttheorie, kognitives Sehen;

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Grundlegende Programmierkenntnisse, insbesondere Matlab. Grundkenntnisse Mathematik und Informatik sowie in Linearer Algebra.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Grundkenntnisse zum Verstehen von Algorithmen und Software

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Themen sowie Illustration der Anwendung derselben an praktischen Beispielen. Schriftliche und mündliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Leistungskontrolle durch regelmäßige Tafelleistung, Tests möglich. Praxisnahe Vertiefung der Lehrinhalte durch Laborübungen und Programmieraufgaben.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VO Automatisierungs- und Steuerungssysteme</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>VU Machine Vision and Cognitive Robotics</i>	<i>6,0</i>	<i>4,0</i>

## Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

### *Bauelemente und Systeme - Vertiefung*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Vertiefende Kenntnisse auf den Gebieten ausgewählter Herstellungsverfahren und der Mess- und Wandlerprinzipien mikro- und nanomechanischer Sensoren, Aktuatoren und Systemen. Verständnis der zugrundeliegenden physikalisch-technischen Problemstellungen und die Vermittlung spezifischer Arbeitsmethoden zur Lösung einschlägiger Fragestellungen.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Kenntnisse über charakteristische Einschränkungen der vermittelten Herstellungsverfahren und deren diffizilen Abhängigkeiten befähigen zum Finden besonderer Lösungsstrategien und dienen zum Verständnis über komplexe Fertigungsabläufe. Kenntnisse über die physikalisch-technischen Grenzen einzelner Mess- und Wandlerprinzipien und deren Auswirkung auf gängige Anwendungsszenarien. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen auf den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Einführung auf das Gebiet von mikro- und nanotechnisch hergestellten Sensoren, Aktuatoren und Systemen zur Erfassung und Umsetzung physikalischer Größen, Diskussion von ausgewählten Herstellungsverfahren, Gesamtprozesse, Vermittlung physikalisch-technischer Grundlagen von Mess- und Wandlerprinzipien für mikro- u. nanomechanische Strukturen, analytische Beschreibung von sensorischen und aktorischen Bauelementen und Extraktion von bauelemente-relevanten Parametern, Moderne Anwendungsbeispiele von sensorischen und aktorischen Bauelementen und daraus resultierenden Systemen.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Erwartet werden grundlegende Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere aus den Bereichen Sensorik, Technologie und entsprechender Herstellungsverfahren. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesungen Sensorik und Sensorsysteme wird in diesem Modul implizit vorausgesetzt.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Die Fähigkeit zum Verständnis aktueller Fragestellungen aus dem Bereich Mikrosensorik, Mikroaktorik und daraus resultierender Systeme.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Mündliche Prüfungen über die theoretischen Grundlagen und methodischen Ansätze sowie Illustration der Anwendungen an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen; Erarbeiten aktueller

Forschungsthemen an Hand von Veröffentlichungen in einschlägigen Fachjournals und Konferenzen; Praktische Übungen zu den genannten Themengebieten.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Sensorik</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>VO Aktorik</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>UE Labor Mikrosystemtechnik</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

***Communication Networks***

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse zu Konzepten und Methoden in drahtlosen und drahtgebundenen Kommunikationsnetzen, Funktionsweise von Kommunikationsprotokollen, Sicherheitsmaßnahmen, zukünftige Herausforderungen.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Anwenden der theoretischen Kenntnisse in praktischen Laborübungen, Erfahrung im Umgang mit Kommunikationsprotokollen, Erfahrung im Umgang mit Software zur Netzwerkanalyse. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Communication Networks 1:

Grundlegende Konzepte in drahtlosen und drahtgebundenen Kommunikationsnetzen, Protokolle der Internet Protocol Suite, Routingverfahren, Gruppenkommunikation, IPv6, Mobile Ad Hoc Networks (MANET), Grundlagen Netzwerksicherheit, Kommunikationsnetze für Cyber-Physical Systems (CPS) (ausgewählte Themen), neue Konzepte aus der Future Internet Forschung (ausgewählte Themen)

Communication Networks 2:

Einführung in weitere Protokolle der Internet Protocol Suite, insbesondere Protokolle der höheren Schichten, Kommunikationsprotokolle zur Multimediakommunikation und weitere Protokolle der Transportschicht, Prozesse in der Standardisierung, begleitende praktische Übungen im Labor.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Communication Networks 1: Grundkenntnisse der Datenkommunikation (VU Datenkommunikation oder vergleichbare Kenntnisse); Communication Networks 2: Vorlesung Communication Networks 1

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Communication Networks 2: Für die Laborübung sind Kenntnisse im Umgang mit Linux bzw. Wireshark hilfreich. Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Vorlesungsinhalte werden durch Übungen/ Laborübungen vertieft. Schriftliche und/oder mündliche Prüfungen sowie praktische Laborabgaben

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VO Communication Networks 1</i>	4,5	3,0
<i>VU Communication Networks 2</i>	4,5	3,0



Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<b>Formale Methoden</b>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Fortgeschrittene Kenntnisse in Berechenbarkeit, Entscheidungsprozeduren, Semantik von Programmen und automatischer Verifikation.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Fähigkeit zur Anwendung der obigen Konzepte in praktischer und theoretischer Arbeit sowie in Speziallehrveranstaltungen.</p>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
<p>In diesem Modul werden die folgenden Themen behandelt: Komplexität und Berechenbarkeit, logische Entscheidungsprozeduren, Semantik von Programmen und automatische Verifikation; theoretische Konzepte des Model Checking, grundlegende Algorithmen des Model Checking, symbolisches Model Checking, Abstrahierung und Software Model Checking statische Analyse; Model Checking Tools, Implementierung von Model Checking-Programmen für diskrete und hybride Systeme.</p>		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Knowledge of basic concepts in theoretical computer science, logic, discrete mathematics, programming, and algorithms, as taught at respective bachelor courses.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Studierende sollten grundlegende Kenntnisse und Fähigkeiten der Programmierung und der Mathematik besitzen.</p>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen.		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
<p>Lehrveranstaltungen mit einem Vorlesungs- und einem Übungsteil. Die Übungen bestehen aus schriftlichen Hausübungen. Die Abschlussnote wird durch eine abschließende schriftliche oder mündliche Prüfung bestimmt.</p> <p>Der Vorlesungsteil, der von vorrangig auf Papier auszuführenden Übungen begleitet wird, zielt auf ein tiefgreifendes Verständnis der theoretischen Grundlagen sowie der Algorithmen und Methoden ab, die in formalen Methoden und in der computerunterstützten Verifikation verwendet werden.</p>		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
VU Formale Methoden der Informatik	6,0	4,0

und eine der beiden Lehrveranstaltungen:		
<i>VU Computer-Aided Verification</i>	3,0	2,0
<i>VU Hybrid Systems</i>	3,0	2,0

## Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

***Smart Grids***

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse von Theorie und Praxis der unten genannten Themengebiete der Informations- und Kommunikationstechnik und der Technik intelligenter Energienetze, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz und die technologische Weiterentwicklung relevant sind. Kenntnisse über physikalisch-mathematische und computertechnische Methoden zu unten genannten Themengebieten zum Lösen von Problemstellungen speziell für Fragestellungen intelligenter Energienetze

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen für intelligente Energienetze und für den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik unter Berücksichtigung sozialer und ökologischer Aspekte.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Anforderungen an intelligente Energienetze, Smart Grid-Konzepte und -Strukturen, Integration und IT-Aspekte von Elektromobilität, Regelung und Demand Side Management, Smart Metering, Netzbetrieb, Netzplanung und Netzanschlussbedingungen, Microgrids und virtuelle Kraftwerke, Datenschutz und Sicherheit, cyber-physical systems, Marktmechanismen und -applikationen, Netzregulierung.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Energieversorgung

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Fähigkeit zum Verstehen angewandter Fragestellungen der Ingenieurwissenschaft

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ggf. projektbezogenen) Beispielen. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Durchführung von Laborübungen.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)

ECTS

Semesterstunden  
(Course Hours)

*VO Smart Grids*

3,0

2,0

*VO Energiesysteme und Netze*

3,0

2,0

*UE Labor Smart Grids*

3,0

2,0

Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<b><i>Software Systems Engineering</i></b>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Das Ziel dieser Lehrveranstaltungen ist es, Kenntnisse zu Software zu vermitteln und zu vertiefen. Aufbauend auf Basiskenntnissen sollen spezifische Kenntnisse nicht nur theoretisch im Vortrag vermittelt, sondern auch praktisch geübt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Verbessertes Verständnis dieser Gebiete sowie Fertigkeiten in der Anwendung relevanter Methoden und Verfahren. Insbesondere Modellbildung im Zusammenhang damit soll speziell geübt und damit gefördert werden.</p>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
<p>Der im Modul Embedded Systems Core gebotene Inhalt soll in diesem Modul spezifisch für Software erweitert bzw. vertieft werden. Dies umfasst Themen wie etwa Verifikation von Software durch systematisches Testen, Generieren von User Interfaces mit Software, Usability Tests und Studies, sowie Software im Zusammenhang mit Betriebssystemen.</p>		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Grundlegende Kenntnisse aus Software Engineering und Human-Machine Interaction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Grundlegende Fähigkeiten des Abstrahierens für das Erarbeiten und Darstellen von symbolischen Modellen</p>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Individuell nach den LVAs des Moduls: Vortrag, Übungen, Diskussionen sowie praktikumsähnliche selbständige Tätigkeiten		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Software Engineering Vertiefung</i> sowie eine der beiden Lehrveranstaltungen	4,5	3,0
<i>SE User Interfaces Seminar</i>	4,5	3,0
<i>SE Software Engineering Seminar</i>	4,5	3,0

Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<b><i>Systems on Chips Engineering</i></b>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Kenntnisse der Architektur, Entwurfs- und Analysemethoden von Systems-on-Chips. Dies beinhaltet Multi-Core Architekturen, hierarchische Speicherstrukturen, Interconnect und Kommunikationsstrukturen, sowie Methoden des Managements von Ressourcen, Power, Temperatur, und Fehlertoleranz.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zur Leitung von SoC-Entwicklungsprojekten und zur eigenständigen Entwicklung, Dimensionierung, und Analyse kompletter HW/SW Lösungen.</p>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
SoC Architektur inklusive Multi-core Architekturen, hierarchische Cache- und Speicher Strukturen, Interconnect- und Kommunikationsnetzwerke, Kontrollmodule für die Verwaltung von Energieverbrauch, Temperatur, Ressourcen, und Applikationen; Analyse und Dimensionierung der Architekturelemente um Leistungs-, Energie- und Kostenanforderungen gerecht zu werden; Methoden und Werkzeuge zur Simulation, Dimensionierung, mathematischen Analyse, und Design-Space-Exploration.		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Kenntnisse aus den Bereichen digitale Schaltungen, Hardwareentwurf mit HDL, Rechnerarchitektur, und FPGAs, und Softwareentwurf. Inhalte der VU Embedded Systems in FPGAs, VU Digitale Integrierte Schaltungen oder gleichwertiger Lehrveranstaltungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Fertigkeiten aus dem Bereich Hardware- und Softwareentwurf, Modellierung, Synthese und Simulation von Hardware mit HDL und FPGAs.</p>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Schriftliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Praktische Realisierung von SoCs in Simulationsumgebungen und in FPGAs.		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)

*VU SoC Architektur und Design*

3,0

2,0

*UE Labor SoC Design*

6,0

4,0



## Anhang: Modulbeschreibungen Wahlmodule (alphabetisch)

Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<i>Advanced analog ICs</i>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Fachliche und methodische Kenntnisse</b>            Vertiefung der unten genannten Themengebiete, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz in Embedded Systems relevant sind. Kenntnisse zur Auswahl und Anwendung von optischen Empfängern. Kenntnisse zu aktuellen Technologieentwicklungen als auch zu modernster integrierter analoger und optoelektronischer Schaltungstechnik abseits und entlang des Scalings von CMOS.         </li> <li> <b>Kognitive und praktische Fertigkeiten</b>            Dieses Modul vermittelt die Fertigkeiten, Fragestellungen der Auswahl von ICs und des IC-Entwurfs zu lösen. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten zu analogen integrierten Schaltungen, optischen Sensor-ICs in Zusammenarbeit mit Design-Häusern und ASIC-Herstellern.         </li> </ul>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
Einführung in die Grundlagen integrierter Fotodetektoren, integrierter optoelektronischer Sensoren und in moderne Schaltungstechnik analoger und optoelektronischer integrierter Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen. Eigenständiges Erarbeiten des „state of the art“ an Hand von Publikationen aus einschlägigen Fachzeitschriften und Konferenzen zu aktuellen Fragestellungen von „More-than-Moore“ und auch „More-Moore“ Entwicklungen.		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Fachliche und methodische Kenntnisse</b>            Erwartet werden grundlegende Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere Grundlagen der diskreten und analogen Schaltungstechnik, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie und Halbleiterphysik.         </li> <li> <b>Kognitive und praktische Fertigkeiten</b>            Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen. Verständnis für und Interesse an grundlagen- als auch anwendungsorientierten Fragestellungen aus dem Bereich der analogen integrierten Schaltungstechnik.         </li> </ul>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Mündliche Prüfungen mit Theorie- und Verständnisfragen bzw. Beurteilung des Seminarvortrages.		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)

<i>VO Optoelektronische integrierte Schaltungen</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>SE Neue Entwicklungen der integrierten Schaltungstechnik</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>SE Nanoelektronische Schaltungen</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

**Algorithmik**

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

A broader knowledge in the area of algorithms and data structures, in particular on methods for problem solving, optimization, geometric and distributed algorithms, as well as techniques for analyzing algorithms.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Extended ability to design proper algorithms and data structures also for challenging computational problems and to analyze and compare different algorithms.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

This module mainly deals with algorithmic techniques, data structures, their analysis, and complexity in computer science. It aims at getting acquaintance with the design of effective algorithms in order to solve non-trivial computational problems.

In its core the module covers algorithms from diverse domains including graph theory, combinatorial optimization (exact as well as heuristic approaches, approximation algorithms, mathematical programming methods), distributed computing, computational geometry, bioinformatics, and machine learning, as well as the analysis of these algorithms. Students will further learn how to model practical problems in order to develop adequate solution methods and algorithms.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

A solid knowledge of basic algorithms and data structures (O-, Theta-, Omega-notations, asymptotic runtimes, algorithm analysis, sorting, searching, trees, hashing, fundamental problem solving algorithms, basic complexity theory, basic geometric algorithms), solid programming skills, good mathematical skills (linear algebra, analysis, series, basics of graphs, proof techniques)

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Capability of abstraction, programming and software engineering skills

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

The courses of the modules are basically of three different types:

- Lectures with exercises, where students learn some theoretical foundations and train the corresponding techniques in exercises (which are either required in written form or in form of a blackboard presentation).
- Lectures with lab exercises, where students learn some methods which they have either to implement or to experiment with existing systems.
- Seminars, where advanced new scientific material is discussed in a small group and

students have to give presentations and (optional) have to write seminar papers; this kind of course should lead the students closer to actual scientific research.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module) From the list below, any group of courses can be selected that sum up to at least 9 ECTS, where courses of type PR are not counted for determining this minimum.	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Approximation Algorithms</i>	3,0	2,0
<i>VO Analysis of Algorithms</i>	5,0	3,0
<i>UE Analysis of Algorithms</i>	4,0	2,0
<i>VU Advanced Algorithms</i>	3,0	2,0
<i>VU Algorithmic Geometry</i>	3,0	2,0
<i>UE Algorithmic Geometry</i>	1,5	1,0
<i>VU Algorithms Design</i>	3,0	2,0
<i>VU Algorithms in Graph Theory</i>	3,0	2,0
<i>VU Algorithmic Game Theory</i>	3,0	2,0
<i>VU Algorithmics</i>	6,0	4,0
<i>SE Seminar aus Algorithmik</i>	3,0	2,0
<i>VU Dependable Distributed Systems</i>	4,5	3,0
<i>VU Distributed Algorithms</i>	6,0	4,0
<i>VU Discrete Reasoning Methods</i>	3,0	2,0
<i>VU E-cient Algorithms</i>	3,0	2,0
<i>VU Heuristic Optimization Techniques</i>	3,0	2,0
<i>VO Inductive Rule Learning</i>	3,0	2,0
<i>VU Machine Learning</i>	4,5	3,0
<i>VU Mathematical Programming</i>	3,0	2,0
<i>VU Modeling and Solving Constrained Optimization Problems</i>	3,0	2,0
<i>VU Networks: Design and Analysis</i>	3,0	2,0
<i>VU Optimization in Transport and Logistics</i>	3,0	2,0
<i>VU Parallele Algorithmen</i>	3,0	2,0
<i>VU Problems in Distributed Computing</i>	4,5	3,0
<i>VU Problem Solving and Search in Artificial Intelligence</i>	3,0	2,0
<i>VU Rigorous Systems Engineering</i>	3,0	2,0
<i>VU Real-Time Scheduling</i>	3,0	2,0

## Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

***Computer Vision***

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Das Modul vermittelt anwendungsorientiertes Wissen zum Verstehen wichtiger Teilgebiete der Computer Vision. Die Studierenden verfügen über ein kritisches Verständnis der wichtigsten Theorien, Prinzipien, Konzepte und Algorithmen der Computer Vision. Dieses Modul ermöglicht den Studierenden sich in anwendungsspezifischen Bereichen (3D Bildverarbeitung und Videoverarbeitung) der Computer Vision Detailkenntnisse zu verschaffen.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Die Studierenden sind in der Lage ihr Wissen selbständig zu vertiefen. Die Studierenden können Bereiche der Computer Vision selbst erkennen, erschließen, Problemlösungen formulieren und sich mit anderen darüber austauschen. Die Studierenden lernen ihre eigenen Fähigkeiten und Grenzen einzuschätzen und erwerben die Kritikfähigkeit an der eigenen und fremden Arbeit. Die Studierenden erlernen Selbstorganisation und Eigenverantwortlichkeit zum eigenständigen Lösen von Aufgaben.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Anwendungsorientierte Konzepte der Computer Vision, weiterführende Kenntnisse in speziellen Anwendungsbereichen, wie werden theoretische Konzepte praktisch umgesetzt, welche Probleme treten bei realen Anwendungen auf, vertiefende Konzepte zu ausgewählten Anwendungen wie z.B. im medizinischen und industriellen Bereich, Einsatz von Computer Vision auf mobilen Geräten und im Medienbereich

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse des Inhalts der VU Machine Vision und kognitive Robotik sowie der für die Lehrveranstaltung notwendigen mathematischen Grundlagen werden erwartet.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Es werden die kognitiven und praktischen Fertigkeiten eines einschlägigen Bachelorabsolventen erwartet.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Frontalvortrag und mündliche Prüfung (VO), selbständiges Lösen von Programmierbeispielen und Abgaben (UE), selbständige Suche von Literatur und Ausarbeitung von gestellten Themen in schriftlicher und mündlicher Form

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)

ECTS

Semesterstunden  
(Course Hours)

*VU 3D Vision*

3,0

2,0

*UE 3D Vision*

3,0

2,0

*VO Videoverarbeitung*

1,5

1,0

*UE Videoverarbeitung.*

1,5

1,0

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

***Emerging Devices***

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kennenlernen neuartiger Konzepte für mikroelektronische, nanoelektronische und optoelektronische Bauelemente, sowie Erlernen der analytischen und numerischen Analyse einschlägiger Problemstellungen.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Eigenständiges Erarbeiten aufbauender mathematischer und physikalischer Hilfsmittel der Ingenieurwissenschaften, um neue Bauelemente zu analysieren und zu designen. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Theorie und Technologie aktueller CMOS: 3D Tri-gate, SOI, Fin und nanowire FETs, single- und double gate Bauelemente, sperrschichtfreie MOSFETs; FETs mit high-mobility channels, GaN, III-Vs, Carbon Nanotubes und Graphen als neues Kanalmaterial, Spin FETs und Spin MOSFET, Spin Kommunikation, Spin Hall Effekt FETs, Landau-Zener tunnel Spin Transistor, AntiFerromagnetische Materialien für Spintronik-Anwendungen, Ansätze für universelle Speicher, Optoelektronische Bauelemente.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Bachelor-Kenntnisse in den Fachgebieten der Elektrotechnik, der Mikroelektronik, Festkörperelektronik oder Physik, der Materialwissenschaften oder Prozesstechnologien.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Fähigkeit zum Verstehen fortgeschrittener wissenschaftlich-technischer Fragestellungen auf Bachelor-Niveau.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Mündliches Abfragen der wichtigsten Lehrinhalte. Seminarvortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Individuelle, intensive Betreuung von Kleinstgruppen (2-3 StudentInnen); Diskussion von Literatursuche-Ergebnissen, Anleitung zur Simulation und Umsetzung von elektronischen Problemlösungen. Anleitung zur Präsentations- und Publikationstechnik.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VO Zukünftige Speicher und Logikelemente</i>	3,0	2,0
<i>VO Neuartige nano- und optoelektronische Bauteile</i>	3,0	2,0
<i>SE Emerging Devices</i>	3,0	2,0



## Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

### *Formale Methoden - Vertiefung*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

In-depth knowledge of formal methods for the verification of computer systems by model checking, static analysis, abstract interpretation, testing, and theorem proving.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

The ability to use state-of-the-art verification methods, and to develop new verification methods.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

This module deals with computer-aided methods for the verification of computer-systems, in particular software, hardware, embedded systems, protocols, and high-level models. The module covers a broad area of subjects including semantic and logical foundations, modeling formalisms, algorithmic verification methods, program analysis, model checking, theorem proving, and testing.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Module Formal Methods, solid background in algorithms and discrete mathematics.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Capability to use abstract mathematical concepts, programming skills.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

The courses of the module have two types:

- Lectures with exercises, where the lectures focus on theory and methodology, and the exercises are used to train the in-depth understanding and application of the theory
- Seminars where advanced scientific material is discussed in small groups

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)  
mindestens 9 ECTS müssen absolviert werden

ECTS

Semesterstunden  
(Course Hours)

*UE Computer-Aided Verification*

3,0

2,0

*VU Software Model Checking*

6,0

4,0

*VU Software Testing*

3,0

2,0

*VU Automated Reasoning and Program Verification*

3,0

2,0

*SE Seminar in Formal Methods*

3,0

2,0

*VU Program Analysis*

3,0

2,0

*VU Semantik von Programmiersprachen*

4,5

3,0

<i>VU Analyse und Verifikation</i>	3,0	2,0
<i>VU Typsysteme</i>	3,0	2,0
<i>VU SAT Solving and Extensions</i>	3,0	2,0
<i>LU Hybrid Systems</i>	3,0	3,0
<i>VU Computer-Aided Verification (Falls nicht im Modul Formale Methoden gewählt)</i>	3,0	2,0
<i>VU Hybrid Systems (Falls nicht im Modul Formale Methoden gewählt)</i>	3,0	2,0

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

***HW/SW Codesign***

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Verständnis der Vorzüge und Limitierungen einer Implementierung in HW bzw. in SW, Trade-offs, Performance-Analyse und Identifikation von Bottlenecks, systematische Partitionierung einer Gesamtaufgabe in HW und SW, Systems Engineering, Kenntnisse über Codegeneratoren

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Entwurf, Optimierung und Inbetriebnahme eines Gesamtsystems aus Prozessor, selbst entworfenen HW-Modulen (auf FPGA), Software (incl. Treibern), Interfacing zwischen HW und SW, Fähigkeit Codegeneratoren zu entwickeln

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Kostenfaktoren bei Embedded Systems, Stärken und Schwächen von HW bzw. SW, Optimierungskriterien für Embedded Systems, Rapid Prototyping, HW/SW-Partitioning, Funktionseinheiten und Kommunikation in SoCs

Zwischendarstellungen, Optimierungstechniken, Register Allocation, Instruction Selection, Instruction Scheduling, Software Pipelining, Codegeneratorgeneratoren.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Hardwareentwurf und Designflow für FPGA, Grundkenntnisse von Prozessorarchitekturen und Performance, Kenntnis der Sprache C, Programmierung, Compiler-Tools, Assembler, Übersetzerbau

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Programmieren in VHDL und Umgang mit HW-Synthese-Tools für FPGA, Programmieren in C sowie Umgang mit einer Compiler-Toolchain, Umgang mit und Programmierung von low-level Treibern

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Wöchentliche Vorlesung: Neben "klassischen" Frontalvorträgen gibt es auch Aufgaben/ Fragestellungen die in Kleingruppen zu diskutieren sind und danach jeweils von einem Sprecher präsentiert werden.

Geblockte Laborübung in Kleingruppen (ca. 3 Teilnehmer): Vorgabe einer reinen SW-Lösung mit ungenügender Performanz, Vorgabe von quantitativen Optimierungskriterien (Kostenfunktion). Aufgabe besteht in (i) Analyse der Anwendung (ii) Auslagerung von Funktionalität in HW, (iii) Optimierung der verbleibenden SW, (iv) Interfacing von HW und SW. Präsentation der Ergebnisse vor den anderen Gruppen.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU HW/SW Codesign</i>	1,5	1,5
<i>LU HW/SW Codesign</i>	4,5	4,5
<i>VO Codegeneratoren</i>	3,0	2,0

Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<b><i>Industrielle Automation - Projekt</i></b>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Ziel dieses Wahlfaches ist es durch die Bearbeitung von individuellen Aufgabenstellungen, das in den Pflichtlehrveranstaltungen angeeignete Grundlagenwissen weiter zu vertiefen. In diesen Kleinprojekten erlernen und üben die Studierenden weiters die Grundlagen der Projektplanung und Projektorganisation sowie des wissenschaftlichen Arbeitens.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Selbständiges Erarbeiten der Lösung einer gegebenen Aufgabenstellung aus der Automatisierungstechnik oder Instrumentierung, und Evaluation des Ergebnisses durch Vergleich zu Lösungen bzw. Ansätzen aus der Fachliteratur. Studierende erlernen eine strukturierte Herangehensweise bei der Planung, Durchführung und Dokumentation von Projekten und verfassen am Ende des Projektes einen Bericht unter Einhaltung von wissenschaftlichen Standards und Zitationsregeln.</p>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
<p>Einführend wird ein Vorlesungsblock zu Projektplanung und Projektorganisation sowie zum Durchführen von wissenschaftlichen Arbeiten gehalten. Danach können Studierende ein Projekt aus einem Katalog individuell ausgeschriebener Projekte aus den unterschiedlichen Gebieten der Automatisierungstechnik wählen und unter der Betreuung der jeweiligen Assistentin oder des Assistenten durchführen.</p>		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Bachelorwissen der Elektrotechnik, Informatik, Maschinenbau oder Mechatronik. Abgeschlossener Besuch der für das jeweilige Projekt relevanten Vorlesung aus den Modulen „Automation und Robotik“ oder „Mechatronische Systeme“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Begeisterungsfähigkeit, Lernwille und Interesse an der gewählten Aufgabenstellung.</p>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Leistungskontrolle durch begleitende Erfolgskontrolle, Beurteilung der Zwischen- und Endpräsentation, und Beurteilung des Endberichtes.		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Industrielle Automation Projekt</i>	9,0	6,0

Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<b><i>Industrielle Kommunikations- und Sensornetzwerke</i></b>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse Kenntnisse über die Vielfalt drahtgebundener und drahtloser industrieller Kommunikationssysteme (Feldbusse, Industrial Ethernet, Echtzeit-Ethernet) für den Einsatz in unterschiedlichen Bereichen der Automation, Verständnis der grundlegenden Netzwerkkonzepte, vertiefte Einsicht in Spezialthemen wie Echtzeitverhalten, Security, Safety, Robustheit und Fehlertoleranz</li> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten Anwendung der theoretischen Kenntnisse in praktischen Übungen, Kenntnisse im Umgang mit Softwarewerkzeugen zur Projektierung und Inbetriebnahme von exemplarischen Automatisierungsnetzwerken; durch Einbindung in laufende Forschungsprojekte im Zuge der Projektarbeit wird die Basis wissenschaftlichen Arbeitens vermittelt</li> </ul>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
Im Rahmen der Moduls werden Grundlagen industrieller Kommunikationsnetze vermittelt: Protokolle, drahtlose und drahtgebundene Basistechnologien, Echtzeitverhalten, Standardisierung, Security- und Safety-Aspekte, Anwendungsbeispiele. Im Zuge einer Projektarbeit können die Studierenden aus individuell im Kontext aktueller Forschungsarbeiten ausgeschriebenen Themen wählen und diese allein oder im Team unter Betreuung der jeweiligen Assistenten bearbeiten.		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse Grundlagen der Kommunikations- und Netzwerktechnik wünschenswert, Programmierkenntnisse, Systemverständnis</li> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten Lernwilligkeit, Begeisterungsfähigkeit, Interesse an wissenschaftlichen Projekten</li> </ul>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Vorlesung mit schriftlicher Prüfung, Erfolgskontrolle des zugeordneten Übungsteils. Im Zuge der Projektarbeit Feedback unmittelbar durch die betreuenden Assistenten und bei Zwischen- und Abschlusspräsentation, Beurteilung des Endberichts und der Gesamtleistung während des Projekts		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Industrielle Kommunikationstechnik</i>	3,0	2,0
<i>PR Sensornetzwerke</i>	6,0	4,0

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

## *Materials and Electronics Technology*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Vermittlung von Kenntnissen über Entwurf, Herstellung, Charakterisierung und Verarbeitung von Materialien. Aufbau eines grundlegenden Verständnisses für die Technologie elektronischer Baugruppen und Systeme. Dies umschließt nass-chemische Prozesse zur Herstellung von gedruckten Schaltungen (Photolithographie, Ätztechnik und Galvanotechnik), thermisch aktivierte Prozesse (Sintervorgänge in Dickschichtpasten, Diffusionsvorgänge an Grenzflächen) zur Herstellung von Systemen in Dickschichttechnik, die Verbindungstechnik (Löten, Kleben und Mikroschweißen) sowie die Aufbautechnik und Bauformen elektronischer Bauelemente unter besonderer Berücksichtigung von Zuverlässigkeitsanforderungen unter den jeweiligen Einsatzbedingungen (Temperatur, Feuchte, chemische, mechanische Beanspruchungen etc.).

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Erarbeiten von Know-how über den Einsatz von Werkstoffen und Anwendung von Herstellungsverfahren zur Realisierung elektronischer Baugruppen und Systeme. Praktika widmen sich werkstoffwissenschaftlichen Aspekten, die für die Elektrotechnik von Bedeutung sind. Schwerpunkte stellen einerseits moderne Fertigungs- und Verbindungstechnologien von Baugruppen und Sensoren und andererseits angewandte Schaltungstechnik zur Realisierung von Werkstoffprüfplätzen dar. Im Zuge von eigenständigen Projektarbeiten werden praxisorientierte Aufgabenstellungen vergeben. Diese können sowohl theoretische Untersuchungen, als auch praktische Arbeiten, wie zum Beispiel Entwurf und Realisierungen von Messaufbauten einschließlich der Anwendung der hierfür erforderlichen Technologie beinhalten. Seminare und Rechenübungen: Erarbeiten von Kenntnissen über Charakterisierungsmethoden, ingenieurs-mäßiges Erarbeiten von analytischen und numerischen Lösungen von Aufgaben aus einem der genannten Gebiete. Laborübung: Herstellung einer elektronischen Baugruppe in Dickschicht-technik bzw. in Leiterplattentechnik (Design, Druckprozess, Brennprozess, Bauelementeabgleich) sowie die Anwendung thermischer Charakterisierungs- und Qualitätssicherungsmethoden. Kennenlernen von Werkstoffeigenschaften und Erarbeiten von Erfahrungen über deren Bestimmung und gezielte Nutzung. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

- Elektrochemische Grundlagen der Ätztechnik und der Galvanotechnik: Elektrolytische Dissoziation, Elektrizitätsleitung in Elektrolyten, Elektrodenreaktionen, Korrosion.
- Anwendungen im Bereich der Herstellung von gedruckten Schaltungen auf polymerbasierten Substraten in Feinleiter-Ätztechnik und der Herstellung elektronischer Baugruppen.
- Dickschichthybridtechnik und LTCC-Technologie (Low-Temperature Cofired Ceramics), für die Herstellung von Multichip-Modulen und Sensoren, Mikrostrukturierung mit Laser (Herstellung von Metallmasken, Trimmen von Bauelementen etc.).
- Verbindungstechnik: Grundbegriffe des Lötens, (Wirkung von Loten und Flussmittel), industrielle Lötverfahren, Kleben mit gefüllten und ungefüllten Polymerklebern, Drahtbondverfahren und metallkundliche Aspekte beim Drahtbonds, Alterung von Löt-, Klebe- und Drahtbondverbindungen,
- Substrate für Halbleiterchips, Chip-Montage, Bauformen elektronischer Bauelemente, THT (Through-Hole Technology, SMT (Surface Mounted Technology), CSP (Chip-Scale Package), COB (Chip On Board), EC (Embedded Components) etc.
- Bauelemente der Elektronik (passive und aktive, Photodioden, LEDs, Operationsverstärker, Sensoren), Stromversorgungen, (Transformatoren, Gleichrichter, Regler), Bauelemente-Auswahl und Schaltungs-Layout.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Grundlegende physikalische Kenntnisse, Grundlagen der Elektrotechnik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Allgemeines physikalisches und technisches Grundverständnis.</p>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Vorlesungen, Seminare, unmittelbare Umsetzung von gewonnenen Kenntnissen in Praktika und Rechenübungen.		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module) Eine Auswahl von drei dieser Lehrveranstaltungen ist zu absolvieren:	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>UE Werkstofftechnologie</i>	3,0	2,0
<i>SE Seminar Materials Science</i>	3,0	2,0
<i>PR Materialwissenschaftliche Aspekte</i>	3,0	2,0
<i>VU Technologie elektronischer Baugruppen</i>	3,0	2,0
<i>SE Technologie elektronischer Baugruppen</i>	3,0	2,0



# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

## *Mathematische Methoden*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse über anwendungsrelevante Themen, sowohl mathematische als auch algorithmische Kompetenzen. Wissen über numerische Qualität sowie fundierte Kenntnisse über die Voraussetzungen für die Einsetzbarkeit der Methoden erwerben.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Wissen über die Anwendbarkeit der Verfahren in den richtigen Situationen und Einsatz dieser zur Lösung von Problemstellungen technisch- naturwissenschaftlicher Fragestellungen. Ergänzend zu den theoretischen Betrachtungen der Vorlesung sollen die Methoden in Übungen angewandt und auch implementiert werden um praktische Aufgabenstellungen damit zu lösen. Die praktischen Fertigkeiten sollen aber auch die Mathematik der Methoden einschließen um allgemeine Fragestellungen an die Methoden mathematisch korrekt beantworten zu können. Dieses Modul soll die mathematischen und insbesondere numerischen Methoden der Modellbildung und Simulation derart vermitteln, dass Studierende in der Lage sind diese in den richtigen Bereichen anzuwenden und davon ausgehend sich eigenständig mit neuen Problemstellungen auseinander zu setzen.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Einführung in die mathematische Modellbildung und numerische Methoden, grundlegende Kapitel über Methoden der mathematischen Modellierung und der numerischen Mathematik, numerische Stabilität, mathematische Algorithmen zur Analyse von dynamischen Modellen. Behandelte Themen: gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen, gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen, Differential-Algebraische Gleichungen, objektorientierte Modellierung, diskrete Modellierung, Linienmethode, Diskretisierungsverfahren, Randwertprobleme, diskret-kontinuierliche (hybride) Systeme.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse aus den Grundvorlesungen und Übungen der Einführungsveranstaltungen Mathematik, sowie den mathematischen Methoden der Elektro- und Automatisierungstechnik.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Fähigkeit mathematische Probleme zu verstehen, formulieren und den mathematischen Lösungsweg argumentativ sauber darzulegen. Lösen von grundlegenden mathematischen Aufgaben und Verständnis für den Einsatz dieser grundlegenden Methoden in übergeordneten Problemstellungen.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Vorlesung über die Theorie der oben genannten Themenbereiche sowie Demonstration und

Illustration einfacher Beispiele. Vertiefungen des in der Vorlesung gebrachten Stoffs in Übungen durch selbstständiges Erarbeiten und anschließendes Präsentieren von Beispielen und der Anwendung des gelernten Stoffes durch die Implementierung praktischer Aufgaben am Rechner. Die Übung wird dabei durch Einsatz von Computer-Algebra und Computer-Numerik-Systemen unterstützt (insbes. Maple, MATLAB), bei der Vorlesung kommt ein Demonstrations-Server zur Veranschaulichung von Konzepten und Anwendungsbeispielen zum Einsatz. Mündliche Prüfung über den Vorlesungsstoff, selbstständiges Lösen und anschließendes präsentieren von Übungsbeispielen, Implementierung von kleineren praktischen Beispielen, Tests und größere Abschlussprojekte sind möglich.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VO Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation</i>	4,5	3,0
<i>UE Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation</i>	4,5	3,0

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

## *Mechatronische Systeme*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung eines Systemverständnisses und die Erarbeitung der Grundprinzipien der Systemintegration mechatronischer Systeme. Es werden Grundlagen dynamischer Systeme sowie die physikalischen Funktionsprinzipien von mechatronischen Komponenten und Teilsystemen, wie sie in modernen mechatronischen Systemen und Automatisierungslösungen in der Hochtechnologie Einsatz finden, vermittelt.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

In der Vorlesung wird ein gesamtheitlicher Ansatz und das dazugehörige Systemdenken vermittelt, um bestehende mechatronische Systeme technisch zu analysieren und zu evaluieren, sowie Grundlagen des Systemdesigns und der Auswahl der optimalen Komponenten und Funktionsprinzipien zu erarbeiten (Synthese). Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt. Im Rahmen der Laborübung werden die theoretischen Grundlagen aus der Vorlesung an praktischen Beispielsystemen angewendet. Es wird der Aufbau einfacher mechatronischer Systeme durchgeführt und das dynamische Systemverhalten analysiert und in weiterer Folge gezielt beeinflusst (Synthese und Evaluation).

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Analyse und Synthese mechatronischer Systeme, inklusive Systemintegration und -design. Systems Engineering, CAD/CAM, Dynamik von Positioniersystemen und deren Auslegung (System Design), Nachgiebigkeit (compliance), Durchlässigkeit (transmissibility), Dämpfung in Präzisionspositioniersystemen, Null-Steifigkeits-Aktuation, Lorentzaktuator, Reluktanzaktuator, Linearmotor, Duale Aktuation mit Folge-Aktuator, Piezoaktuator, analoge Elektronik, Leistungselektronik, Servoproblem, Echtzeitsysteme (hardware/software), DSP, FPAA, FPGA, Regelung und Steuerung mechatronischer Systeme, Iterative Learning Control, Systemintegration (inkl. Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit), Messtechnik in der Mechatronik, Abbe-Prinzip, Auflösung, Präzision, Genauigkeit, A/D-D/A-Wandler, Quantisierung, zeitliche Abtastung, Signalverarbeitung, Sensoren in der Mechatronik, Dehnmessstreifen, Laserlichtzeiger, Encoder, Interferometer, Vibrometer, LVDT, kapazitive Sensoren, Ultraschallsensoren, Beschleunigungsmessung (MEMS-basiert und Geophone), Messverstärker, optische Messtechnik, Speckle-Messtechnik, intelligente Kameras, Systemintegration, Beispiele komplexer mechatronischer Systeme aus der Hochtechnologie, adaptive Optik, Rastersondenmikroskopie, Nano-Lithographiesysteme (Wafer Scanner)

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Für das Labor Mechatronische Systeme LU werden gute Kenntnisse der in der VU Mechatronische Systeme vorgetragenen Inhalte erwartet (schriftliche Eingangstests bei jeder Laborübung)

Für die VU Mechatronische Systeme werden folgende fachliche Inhalte und methodische Kenntnisse erwartet: Basiswissen in Automatisierungstechnik, insbesondere Verständnis von Differentialgleichungen und Laplace-Transformation. Grundkenntnisse der Elektrotechnik und Physik aus dem Bakkalaureat, insbesondere Elektronik, Elektromagnetismus und Optik.

Im Weiteren werden gute Kenntnisse in Englisch erwartet, da die Vorlesung in englischer Sprache abgehalten wird.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Fähigkeit zum Verstehen angewandter Fragestellungen der Physik. Aufbau einfacher elektronischer Schaltungen und mechatronischer Laborsysteme</p>		
<p>Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)</p>		
<p>Keine verpflichtenden Voraussetzungen</p>		
<p>Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)</p>		
<p>Aktivierender Unterricht mit Folien- und Tafelunterstützung über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen aus der Hochtechnologie. Im Übungsteil werden computergestützte Engineering-Tools (CAX) durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen angewendet und Rechenbeispiele zur Auslegung mechatronischer Systeme behandelt. Leistungskontrolle durch begleitende Erfolgskontrolle während der Übung. Abschließende schriftliche und mündliche Prüfung anhand von in der Vorlesung behandelten mechatronischen Systemen und zugehörigen Theoriefragen. Praktische Übungen im Labor mit schriftlichem Eingangstest und begleitender Erfolgskontrolle.</p>		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Mechatronische Systeme</i>	6,0	4,0
<i>LU Labor Mechatronische Systeme</i>	3,0	2,0

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

***Mikro- und Nanosystemtechnik***

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Grundlegende Kenntnisse über mikro- und nanotechnisch hergestellte sensorische und aktorische Bauelemente und die dafür notwendigen Materialien und Fertigungs- und Packagingprozesse; Vertrautheit mit den daraus resultierenden Systemen.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Fertigkeit zum Verstehen der wissenschaftlich-technisch relevanten Fragestellungen; eigenständiges Erarbeiten und Bewerten von „state of the art“ Bauelementekonzepten und Systemen an Hand der einschlägigen Fachliteratur. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Einführung Finite Elemente Methode, eigenständige Bearbeitung von aktuellen Themen der Mikro- und Nanosystemtechnik mit Hilfe von COMSOL; Diskussion der Ergebnisse; Bewertung mittels einschlägiger Fachliteratur. Vorstellung industrierelevanter, aktueller Themen aus dem Bereich der Mikro- und Nanosystemtechnik; Bewertung von aktuellen Bauelementekonzepten in Bezug auf verwendete Herstellungstechnologien, Bauelementverhalten und daraus abgeleiteten Systemen; Aspekte der Integration in technisch relevante Systeme. Vorstellung aktueller Fragestellungen aus dem Bereich der Mikro- und Nanofluidik; Technologie und Einsatzgebiete von „Lab-on-Chip“ Systemen, auch in Kombination mit magnetischen Werkstoffen; Diskussion aktueller Forschungsthemen aus dem Bereich der Mikro- und Nanosensorik an Hand einschlägiger Fachliteratur. Diskussion aktueller Forschungsthemen aus dem Bereich der Aufbau- und Verbindungstechnik in Bezug auf mikro- und nanotechnisch hergestellten sensorischen und aktorischen Bauelementen an Hand einschlägiger Fachliteratur; Bewertung von thermischen Effekten; Aspekte der Zuverlässigkeit von Packages.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Erwartet werden grundlegende Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere aus den Bereichen Sensorik, Technologie und entsprechender Herstellungsverfahren. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesungen Sensorik, Sensorsysteme und Elektronische Bauelemente wird in diesem Modul implizit vorausgesetzt.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Die Fähigkeit zum Verständnis aktueller Fragestellungen aus dem Bereich Mikro- und Nanosystemtechnik.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Mündliche Prüfungen über die theoretischen Grundlagen und methodischen Ansätze sowie Illustration der Anwendungen an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen; Erarbeiten aktueller Forschungsthemen an Hand von Veröffentlichungen in einschlägigen Fachjournalen und Konferenzen; Praktische Übungen zu den genannten Themengebieten.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>Eine Auswahl von drei dieser Lehrveranstaltungen ist zu absolvieren:</i>		
<i>VU Simulation von Mikrosystemen</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>VO Mikro- und Nanosystemtechnik</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>VO Mikro- und Nanofluidik</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>SE Mikro- und Nanosensorik</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>SE Seminar Sensorik und Packaging</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

## *Network Security*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse zu Methoden zur Realisierung von Sicherheitsmaßnahmen in Kommunikationsnetzen, Konzepte der Kryptographie, Methoden der Anomalieerkennung.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Anwenden der theoretischen Kenntnisse in praktischen Laborübungen, Erfahrung im Umgang mit Soft-ware zur Erfassung und Analyse von Netzwerkverkehr, Umgang mit Methoden der Anomalieerkennung. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Network Security:

Sicherheitsziele in Kommunikationsnetzen, Bedrohungen und Angriffstechniken, Grundlagen Kryptographie (grundlegende Konzepte, ausgewählte Verfahren), Sicherheitskonzepte für Kommunikationsprotokolle, Netzüberwachung, Netzwerkdatenanalyse, Methoden zur Erkennung von Anomalien im Netzwerk-verkehr, begleitende praktische Übungen im Labor.

Network Security - Advanced Topics:

Sichere Gruppenkommunikation, Routingsicherheit, Sicherheitsaspekte in IPv6 Netzen, Sicherheit in Mobile Ad Hoc Networks (MANET), Sicherheitsaspekte für Kommunikationsnetze in Cyber-Physical Systems (z.B. intelligente Stromnetze), zukünftige Herausforderungen und neue Ansätze aus der Forschung, begleitende praktische Übungen im Labor.

Communication Networks Seminar:

Diskussion aktueller Themen aus der Forschung im Bereich Kommunikationsnetze und Netzwerksicherheit, selbständige Bearbeitung von Themen

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse im Bereich der Kommunikationsnetze, insbesondere IP Netze, IP Routing und die Protokolle der Internet Protocol Suite. Die Kenntnisse der Inhalte der Lehrveranstaltungen Communication Networks 1 und 2 oder vergleichbare theoretische und praktische Kenntnisse im Bereich Kommunikationsnetze werden erwartet.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Network Security+Advanced Topics Laborübungen: Umgang mit Linux, wünschenswert: MATLAB/octave, wireshark

Communication Networks Seminar: Eigenständiges Erarbeiten von Themen anhand englischsprachiger Fachliteratur. Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Vorlesungsinhalte werden durch Übungen/Laborübungen vertieft. Im Seminar werden die Teilnehmer zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten angeleitet. Schriftliche und/oder mündliche Prüfungen, Laborabgaben und Seminararbeiten.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Network Security</i>	3,0	2,0
<i>VU Network Security – Advanced Topics</i>	3,0	2,0
<i>SE Communication Networks Seminar</i>	3,0	2,0



# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

## *Optimale Systeme*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses sowie der zugehörigen Methoden der Optimierungstheorie basierend auf fundierten mathematischen Konzepten im Hinblick auf die Lösung konkreter Problemstellungen der Automatisierungs- und Regelungstechnik. Im Speziellen sollen optimierungsbasierte Methoden und deren Anwendung zur Systemidentifikation, zum Steuerungs- und Regelungsentwurf und für die Schätzung nicht messbarer Systemgrößen (Beobachterentwurf) vermittelt werden.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, die in der automatisierungstechnischen Praxis auftretenden Optimierungsprobleme mathematisch zu formulieren, geeignete Lösungsmethoden auszuwählen und zu beurteilen und diese selbstständig umzusetzen. Besonderes Augenmerk wird neben dem praktischen Umgang mit den erworbenen Kenntnissen auf den Erwerb der Fähigkeit gelegt, sich weiterführende Konzepte und Verfahren der Optimierungstheorie im Bereich der Automatisierungs- und Regelungstechnik eigenständig anzueignen und anzuwenden. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Nicht-parametrische und parametrische Identifikationsverfahren (Fourieranalyse ETFE, Least Squares mit und ohne stochastischer Störung), Modellstrukturen zur Identifikation (ARMA, ARX, ARMAX), Rekursive Least Squares (RLS) Verfahren, Least Mean Squares (LMS) Identifikation, optimale Schätzer (Gauß-Markov Schätzer, Minimum-Varianz Schätzer), optimaler Beobachterentwurf (Kalman-Filter), dynamische Programmierung nach Bellman, optimaler linearer Zustandsregler (LQR-Problem) mit finitem und infinitem Optimierungsintervall, optimale Ausgangsregelung (LQG-Problem), Statische Optimierung mit und ohne Beschränkungen, Liniensuchverfahren, Wahl der Suchrichtung (Gradientenmethode, Newton-Methode, Konjugierte Gradientenmethode, Quasi-Newton-Methode), KKT-Bedingungen, Methode der aktiven Beschränkungen, Gradienten-Projektionsmethode, Methode der Straf- und Barrierefunktionen, Sequentielle Quadratische Programmierung, Grundlagen der Variationsrechnung, dynamische Optimierung, Entwurf von Optimalsteuerungen, Minimumsprinzip von Pontryagin, verbrauchs-, energie- und zeitoptimale Steuerung.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Der Inhalt der Lehrveranstaltungen Automatisierungstechnik sowie die erworbenen mathematischen Kenntnisse aus dem Bakkalaureat-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Technische Informatik werden vorausgesetzt.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Beherrschung der und Umgang mit den Methoden der Automatisierungstechnik sowie der höheren Mathematik aus dem Bakkalaureat-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Technische Informatik. Für das Labor Regelungssysteme 1 LU und die VU Optimierung wird der Umgang mit einschlägiger Standardsoftware wie Matlab/Simulink und Computeralgebra, wie sie in der Fachvertiefung Automatisierungstechnik im Bakkalaureat-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik gelehrt wird, empfohlen.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Vortrag über die theoretischen Grundlagen der oben genannten Inhalte mit Folien- und Tafelunterstützung sowie praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse anhand von konkreten Aufgabenstellungen u.a. mit Hilfe moderner Softwarewerkzeuge der Ingenieurwissenschaften (z.B. Matlab/Simulink, Computeralgebra). Die Leistungsbeurteilung der VO Regelungssysteme 1 erfolgt mündlich, die Leistungsbeurteilung der VU Optimierung setzt sich aus einem Übungs- teil sowie einer mündlichen Prüfung zusammen. Die Leistungsbeurteilung des Labors Regelungssysteme 1 LU setzt sich aus der Überprüfung der vorbereiteten Aufgaben, der Mitarbeit während des Praktikums sowie dem Ergebnis von mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen zusammen.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VO Regelungssysteme 1</i>	3,0	2,0
<i>LU Labor Regelungssysteme 1</i>	1,5	1,0
<i>VU Optimierung</i>	4,5	3,0

Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<b><i>Robot Vision</i></b>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse Das Modul vermittelt tieferes Wissen in aktuellen Bereichen der Machine Vision und speziell von Robotersehen. Die Studierenden verfügen über ein kritisches Verständnis der wichtigsten Theorien, Prinzipien, Konzepte und Algorithmen des Einsatzes von Bildverarbeitung in der Robotik und Automatisierung. Dieses Modul ermöglicht den Studierenden sich in gezielten Bereichen des Robotersehens zu vertiefen, den Stand der Technik eingehend zu erheben und zu diskutieren, und erste selbständige Arbeiten durchzuführen.</li> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten Die Studierenden erlernen ihr Wissen selbständig zu vertiefen. Sie können Methoden und Modelle aus dem Fachgebiet Machine Vision und Robot Vision inhaltlich vollständig wiedergeben, fachlich diskutieren, und sich selbst neue Arbeiten auf dem Gebiet erarbeiten. Die Studierenden üben und erwerben die Kritikfähigkeit an der eigenen und fremden Arbeit. Die Studierenden erlernen Selbstorganisation und Eigenverantwortlichkeit zum eigenständigen Lösen von Aufgaben. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.</li> </ul>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
Eingeladene Vorträge internationaler ExpertInnen aus der Industrie als auch der Forschung (in Englisch). Dazu werden Aufgaben zum Themenbereich der Vortragenden vergeben, die selbständig zu lösen sind und abschließend in der Gruppe mit den BetreuerInnen diskutiert werden. Vertiefung durch eine individuell gestellte Aufgabe mit individueller Betreuung durch eine/einen der ForschungsassistentInnen.		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse Gute theoretische und praktische Kenntnisse des Inhalts der VU Machine Vision und kognitive Robotik werden erwartet.</li> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten Fähigkeit zum Verstehen theoretischer und angewandter Fragestellungen der Ingenieursmathematik, Grundkenntnisse der Robotik und Bildverarbeitung und der Wissenschaftsmethodik. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen.</li> </ul>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Vortrag zu aktuellen Themen (in Englisch), Ausarbeitung kleiner Aufgaben zum Themenbereich der Vortragenden, Ausarbeitung der Vertiefungsarbeit und Präsentation im Rahmen einer Abschlussveranstaltung (in Englisch)		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)

*VU Robot Vision: Selected Topic*

6,0

4,0

*VU Robot Vision: Industry and Research*

3,0

2,0

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

## *Signal Processing*

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse und wesentliche Eigenschaften von linearen Operatoren im Hilbertraum, Unterraum-techniken sowie deren Anwendung in der Nachrichtentechnik und Elektrotechnik. Kenntnis der Theorie, mathematische Beschreibung und grundlegende Verarbeitung von Zufallsvariablen, Zufallsvektoren und Zufallssignalen (Zufallsprozesse) sowie ihrer Anwendung: Modellierung mit Hilfe stochastischer Größen, quadratische Optimierungs- und Prädiktionsprobleme.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Mathematische Formulierung von typischen Problemen der Signalverarbeitung sowie Beherrschung der zugehörigen Lösungsansätze. Passives Beherrschen von formalen Beweisen. Anwendung klassischer Verfahren der Signalverarbeitung auf praxisrelevante Fragestellungen. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Signal Processing 1: 1. Grundlagen, Modellierung linearer Systemen, Zustandsraumbeschreibung, Abtasttheorem 2. Vektorräume und lineare Algebra, Basis und Dimension, Normen und Inprodukte, Orthogonalität, Hilbert- and Banachräume, 3. Approximationsproblem im Hilbertraum, Orthogonalitätsprinzip, Gradientenverfahren, Least-Squares-Filterung, Signaltransformation und verallgemeinerte Fourierreihen, Wavelets 4. Lineare Operatoren, Orthogonale Unterräume, Projektionen 5. Kronecker-Produkt, DFT, FFT, Hadamard-Transformation.

Signal Processing 2: diskrete und kontinuierliche Zufallsvariable, kumulative Verteilungsfunktion, Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, Transformation von Zufallsvariablen, bedingte Verteilungen, Erwartungswerte und Momente, Charakteristische Funktion, Korrelation und Kovarianz, statistische Unabhängigkeit, Orthogonalität und Unkorreliertheit, Karhunen-Loeve-Zerlegung, Dekorrelation, Innovationsdarstellung, MMSE-Schätzung (Wiener Filter), Zufallsprozesse, Stationarität, Mittelwert, Autokorrelationsfunktion, Zyklstationarität, Leistungsdichtespektrum, Effekt linearer Systeme, Wold-Zerlegung, Markoffketten, ARMA-Prozesse, lineare Prädiktion. Im Rahmen der angebotenen Übungen wird der theoretische Stoff anhand von Rechnungen und Programmieraufgaben vertieft.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Kenntnisse des Inhalts der Vorlesungen Signale und Systeme I+II des Bachelorstudiums Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Technische Informatik sowie der Grundlagen der Nachrichtentechnik sowie grundlegende mathematische Fertigkeiten aus der Funktionalanalysis sowie der linearen Algebra und der Wahrscheinlichkeitsrechnung werden erwartet. Da die Lehrveranstaltungen in Englisch abgehalten werden, sind entsprechende Englischkenntnisse erforderlich.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Kognitive und praktische Fertigkeiten: Grundlegende Fähigkeiten der Mathematik wie beispielsweise, Eigenwertaufgaben, Matrizeninversion, Ableiten und Integrieren. Anwendungen von Laplace, Fourier und Z-Transformation.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Dieses Modul ist geprägt durch Basistechniken im Bereich Signalverarbeitung. Dazu werden die wesentlichen Fähigkeiten im Vortrag erläutert. Um diese einzuüben, werden Rechen- und auch einfache Programmieraufgaben von den Studierenden eigenständig gelöst. Die Ergebnisse zu den Aufgabenstellungen werden von den Studierenden unter Anleitung eines Lehrveranstaltungsleiters diskutiert. Die Leistungsbeurteilung ergibt sich aus der Leistung bei den Übungen, einem schriftlichen Prüfungsteil, und einer mündlichen Abschlussprüfung.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)

ECTS

Semesterstunden  
(Course Hours)

*VU Signal Processing 1*

4,5

3,0

*VU Signal Processing 2*

4,5

3,0

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

**Smart Grids - Vertiefung**

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Vertiefte Kenntnisse von Theorie und Praxis der unten genannten Themengebiete der Informations- und Kommunikationstechnik und der Technik intelligenter Energienetze, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz und die technologische Weiterentwicklung relevant sind. Vertiefte Kenntnisse über physikalisch-mathematische und computertechnische Methoden zu unten genannten Themengebieten zum Lösen von Problemstellungen speziell für Fragestellungen intelligenter Energienetze und zum eigenständigen wissenschaftlichen Arbeiten an verbundenen Fragestellungen.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Durch Üben und selbständiges Arbeiten gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen für den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik in intelligenten Energienetzen und zur wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit neuen Erkenntnissen auf dem Gebiet.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Vertiefung der Themen: Anforderungen an intelligente Energienetze, Smart Grid-Konzepte und -Strukturen, Integration und IT-Aspekte von Elektromobilität, Regelung und Demand Side Management, Smart Metering, Netzbetrieb, Netzplanung und Netzanschlussbedingungen, Microgrids und virtuelle Kraftwerke, Datenschutz und Sicherheit, cyber-physical systems, Marktmechanismen und -applikationen, Netzregulierung.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Bachelorstudium der Elektrotechnik und Informationstechnik, Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Energieversorgung, Pflichtmodul „IKT in Energienetzen“

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Fähigkeit zum eigenständigen Arbeiten an wissenschaftlichen Fragestellungen, Einarbeitung in wissenschaftliche Veröffentlichungen und Fähigkeit zum Verstehen, Zusammenfassen, Einordnen in den thematischen Kontext und Präsentieren.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ggf. projektbezogenen) Beispielen. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Durchführung eines Seminars.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VU Smart Grids Vertiefung</i>	4,5	3,0
<i>SE Seminar Smart Grids</i>	4,5	3,0



Modulbeschreibung (Module Descriptor)		
Name des Moduls (Name of Module):		
<i>Systems on Chips - Vertiefung</i>		
Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):	9,0	ECTS
Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>TeilnehmerInnen vertiefen ihre zuvor erworbenen Kenntnisse im Entwurf, Modellierung, Analyse, Verifikation und Implementierung eines SoC anhand eines anspruchsvollen Projektes. Insbesondere werden die Implementierungsschritte Back-annotation, timing-closure, sow Testbarkeit und Testen eines ICs angewandt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Die Studierenden werden zur eigenständigen Lösung typischer Fragestellungen im Entwurf und der Implementierung und zur eigenverantwortlichen Organisation in einem Projektteam befähigt. Weiters lernen die TeilnehmerInnen das Durchplanen eines kompletten SoC Projektes von Architekturentwurf bis Herstellung und Test.</p>		
Inhalte des Moduls (Syllabus)		
Die Studierenden entwickeln in eigenverantwortlicher Arbeit einen SoC von Architekturentwurf bis Herstellung und Test. Durch die langen Laufzeiten der Herstellung werden üblicherweise nicht alle Phasen an demselben SoC ausgeführt, sondern z.B. der Test an SoCs, die im vorherigen Semester entworfen wurden.		
Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fachliche und methodische Kenntnisse</li> </ul> <p>Kenntnisse aus den Bereichen digitale Schaltungen, Hardwareentwurf mit HDL, Rechnerarchitektur, SoC Entwurf, FPGAs, und Softwareentwurf.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kognitive und praktische Fertigkeiten</li> </ul> <p>Fertigkeiten aus dem Bereich Hardware- und Softwareentwurf, Modellierung, Synthese und Simulation von Hardware mit VHDL und FPGAs.</p>		
Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)		
Keine verpflichtenden Voraussetzungen		
Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)		
Schriftliche Arbeit und Vortrag über die theoretischen Grundlagen und den Stand der Technik zu ausgewählten Themen des Moduls. Laufende Beurteilung des Projektfortschrittes und der erstellten Unterlagen, abschließende Projektpräsentation.		
Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>SE SoC Design Seminar</i>	3,0	2,0
<i>PR SoC Vertiefung</i>	6,0	4,0



# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

***Technologie und Materialien***

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Bildungsziele sind die Kenntnis der Materialien, der Schlüsselprozesse und der Technologiefamilien für die Fertigung moderner Strukturen, Komponenten und Bauelemente der Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik, die Kenntnis der zugrundeliegenden physikalischen, chemischen und mathematischen Eigenschaften sowie der physikalischen, chemischen und elektrischen Charakterisierungsmethoden.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Verständnis des physikalischen, chemischen und mathematischen Hintergrundes von ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen im Bereich der Materialien und Technologien für die Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik, der physikalisch-chemischen Zusammenhänge bei der Prozessierung, sowie deren Bedeutung für mögliche Bauelemente-Konzepte und Bauelemente-Architekturen. Beherrschung der physikalischen, chemischen und mathematischen Methoden und Grundlagen der Materialwissenschaften und der zur Verfügung stehenden Technologiefamilien, die notwendig sind für die Konzeption und die Herstellung elektronischer, photonischer und sensorischaktuatorischer Strukturen, Komponenten und Bauelemente. Die Fähigkeit, eigenständig Konzepte für elektronische, photonische und sensorischaktuatorische Strukturen, Komponenten und Bauelemente zu entwickeln, prozesstechnisch umzusetzen und zu charakterisieren. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Das Modul Technologie & Materialien vermittelt umfassende Kenntnisse der Materialien, Prozesse und Technologien, die die Basis für die moderne Nanoelektronik, Nanophotonik und Mikrosystemtechnik bilden. Element- und Verbindungshalbleiter der Gruppen IV und III-V, sowie Oxidkeramiken sind die Schwerpunkte auf der Materialseite. Ausgehend von deren materialwissenschaftlichen Grundlagen werden die zugehörigen Prozesstechnologien für die Herstellung von mikro- und nanoskaligen, 1-, 2- und 3-dimensionalen Strukturen, Komponenten und Bauelementen erarbeitet. Schwerpunkte hier sind die Schlüsselprozesse Schichtzerzeugung inklusive MBE und ALD, Schichtstrukturierung mit Photo- und Elektronenstrahl-Lithographie sowie Ätztechniken mit HF-Plasmaprozessen, selektive Wachstumsprozesse für (quasi-) 1-, 2-dimensionalen Strukturen wie Nanodots und Nanowires, und in-situ und ex-situ Material- und Prozess-Charakterisierungsverfahren.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Fachliche und methodische Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informatik, Technische Informatik oder der technischen Physik.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Verständnis für anwendungsbezogenen Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Erfolgskontrolle durch selbstständiges Erarbeiten und Präsentation von „state of the art “ Technologiepapieren von aktuellen internationalen Konferenzen. Fertigungserfahrung für die neuen Technologien durch Laborpraktika in speziell ausgestatteten Labors, wie den Reinraum des ZMNS und die Labors der Photonik und des ISAS.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)	ECTS	Semesterstunden (Course Hours)
<i>VO Materialien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>VO Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>
<i>UE Technologie-Labor</i>	<i>3,0</i>	<i>2,0</i>

# Modulbeschreibung (Module Descriptor)

Name des Moduls (Name of Module):

## **Zuverlässigkeit Mikroelektronik**

Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):

9,0

ECTS

Bildungsziele des Moduls (Learning Outcomes)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Zu den Bildungszielen gehört die grundlegende Erkenntnis, dass in den Grundlagenfächern idealisierte Bauelemente behandelt werden. Reale Bauelemente unterscheiden sich in mehrerer Hinsicht, einerseits dadurch, dass ihre Topologien komplizierter sind (z.B. nichtplanar), die Dotierungsprofile von den erwarteten Profilen abweichen, dass auch nominell gleich hergestellte Bauelemente unterschiedlich sind (Variability) und vor allem, dass sich die elektrischen Eigenschaften dieser Bauelemente und Schaltungen im Betrieb ändern. Diese Änderungen führen in der Regel zu einer Verschlechterung der Eigenschaften bis hin zu einem kompletten Ausfall. Viele dieser Degradationsprozesse sind heute nur unzureichend verstanden, werden aber mit fortschreitender Miniaturisierung immer wichtiger. In diesem Wahlmodul werden die wichtigsten Grundlagen vermittelt, die es erlauben, den aktuellen Stand der Forschung kritisch zu hinterfragen. Ein solides Grundlagenwissen ist insofern von besonderer Bedeutung, als dass viele Degradationsphänomene derzeit noch nicht hinreichend verstanden sind.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Die fundierten Kenntnisse, die in diesem Modul vermittelt werden, ermöglichen ein Zurechtfinden in der aktuellen Literatur und den sich ständig ändernden Modelvorstellungen. Die gebotenen Lehrinhalte befähigen zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen auf den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis.

Inhalte des Moduls (Syllabus)

Idealisiertes im Vergleich zum realen Bauelementverhalten, Variabilität, ideale Kristalle und Grenzflächen im Vergleich zu realen Strukturen, Defekte, Grundlagen Defektphysik, Grundlagen chemischer Reaktionen und stochastische/deterministische Beschreibungsmethoden, Interaktion Defekte/Bauelement, wichtige Degradationsphänomene (NBTI/PBTI, hot carriers, TDDB), Rauschen (RTN, 1/f).

Idealisierte und reale Bauelementstrukturen, Grundlagen Prozesssimulation, mechanische Verspannungen/ Risse/ Delamination, Verdrahtungsstrukturen/ Vias/ Through-Silicon-Vias/ Solder Bumps, Durchbruch von Dielektrika (TDDB), Zerstörung von Leiterbahnen durch Elektromigration, Probleme in der 3D Integration.

Erwartete Vorkenntnisse (Expected Prerequisites)

- Fachliche und methodische Kenntnisse

Fachliche und methodische Kenntnisse aus einem abgeschlossenen Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder der technischen Physik sowie solide Kenntnisse aus den Bereichen Halbleiterphysik und elektronische Bauelemente. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesungen Halbleiterphysik, Elektronische Bauelemente sowie Modellierung elektronischer Bauelemente wird in diesem Modul implizit vorausgesetzt.

- Kognitive und praktische Fertigkeiten

Verständnis für anwendungsbezogene Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie.

Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls (Obligatory Prerequisites)

Keine verpflichtenden Voraussetzungen

Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung (Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance)

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Leistungskontrolle durch regelmäßige Tafelleistung, Tests möglich. Vertiefung eines ausgewählten Themas im Rahmen eines Seminars.

Lehrveranstaltungen des Moduls (Courses of Module)

ECTS

Semesterstunden  
(Course Hours)

*VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Bauelemente*

3,0

2,0

*VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Prozess*

3,0

2,0

*SE Mikroelektronik Zuverlässigkeit*

3,0

2,0

## Anhang: Lehrveranstaltungstypen

**VO:** Vorlesungen sind Lehrveranstaltungen, in denen die Inhalte und Methoden eines Faches unter besonderer Berücksichtigung seiner spezifischen Fragestellungen, Begriffsbildungen und Lösungsansätze vorgetragen werden. Bei Vorlesungen herrscht keine Anwesenheitspflicht.

**UE:** Übungen sind Lehrveranstaltungen, in denen die Studierenden das Verständnis des Stoffes der zugehörigen Vorlesung durch Anwendung auf konkrete Aufgaben und durch Diskussion vertiefen. Entsprechende Aufgaben sind durch die Studierenden einzeln oder in Gruppenarbeit unter fachlicher Anleitung und Betreuung durch die Lehrenden (Universitätslehrerinnen und -lehrer sowie Tutorinnen und Tutoren) zu lösen. Übungen können auch mit Computerunterstützung durchgeführt werden.

**LU:** Laborübungen sind Lehrveranstaltungen, in denen Studierende in Gruppen unter Anleitung von Betreuerinnen und Betreuern experimentelle Aufgaben lösen, um den Umgang mit Geräten und Materialien sowie die experimentelle Methodik des Faches zu lernen. Die experimentellen Einrichtungen und Arbeitsplätze werden zur Verfügung gestellt.

**PR:** Projekte sind Lehrveranstaltungen, in denen das Verständnis von Teilgebieten eines Faches durch die Lösung von konkreten experimentellen, numerischen, theoretischen oder künstlerischen Aufgaben vertieft und ergänzt wird. Projekte orientieren sich an den praktisch-beruflichen oder wissenschaftlichen Zielen des Studiums und ergänzen die Berufsvorbildung bzw. wissenschaftliche Ausbildung.

**VU:** Vorlesungen mit integrierter Übung vereinen die Charakteristika der Lehrveranstaltungstypen VO und UE in einer einzigen Lehrveranstaltung.

**SE:** Seminare sind Lehrveranstaltungen, bei denen sich Studierende mit einem gestellten Thema oder Projekt auseinandersetzen und dieses mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten, wobei eine Reflexion über die Problemlösung sowie ein wissenschaftlicher Diskurs gefordert werden.

**EX:** Exkursionen sind Lehrveranstaltungen, die außerhalb des Studienortes stattfinden. Sie dienen der Vertiefung von Lehrinhalten im jeweiligen lokalen Kontext.

## Anhang: Zusammenfassung aller verpflichtenden Voraussetzungen im Studium

Es werden keine positiv absolvierten Lehrveranstaltungen, jedoch die Beherrschung der jeweiligen Inhalte vorausgehender Lehrveranstaltungen vorausgesetzt.

## Anhang: Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

mit Anpassungsmodul Grundlagen Informatik:

1. Semester		ECTS	2. Semester		ECTS
Analoge integrierte Schaltungen	VU	3,0	Labor Digitale integrierte Schaltungen oder Labor Analoge integrierte Schaltungen	UE LU	3,0 3,0
Digitale integrierte Schaltungen	VU	3,0	Embedded Systems in FPGAs	VU	4,5
Software und Systems Engineering	VO	3,0	Human-Machine Interaction	VO	1,5
Betriebssysteme für Elektrotechnik	VO	1,5	Einführung in Theoretische Informatik und Logik	VU	3,0
			Algorithmen und Datenstrukturen 2	VU	3,0
			Echtzeitsysteme	VO	1,5
ΣAnpassungsmodul Grundlagen Informatik		1,5	ΣAnpassungsmodul Grundlagen Informatik		7,5
LVA Vertiefungspflichtmodule		19,5	LVA Vertiefungspflichtmodule		4,5
			LVA Wahlmodule		9,0
<b>Summe</b>		<b>30</b>	<b>Summe</b>		<b>30</b>
3. Semester		ECTS	4. Semester		ECTS
LVA Vertiefungspflichtmodule		3,0	Diplomarbeit		30
LVA Wahlmodule		18,0			
LVA Freie Wahlfächer und Transferable Skills		9,0			
<b>Summe</b>		<b>30</b>	<b>Summe</b>		<b>30</b>



mit Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik

1. Semester		ECTS	2. Semester		ECTS
Analoge integrierte Schaltungen	VU	3,0	Labor Digitale integrierte Schaltungen oder Labor Analoge integrierte Schaltungen	UE LU	3,0 3,0
Digitale integrierte Schaltungen	VU	3,0	Embedded Systems in FPGAs	VU	4,5
Software und Systems Engineering	VO	3,0	Human-Machine Interaction	VO	1,5
<i>Energieversorgung</i>	VO	3,0	<i>Elektronische Bauelemente für Informatik</i>	VO	3,0
<i>Halbleiterphysik für Informatik</i>	VO	3,0			
<i>Photonik 1</i>	VO	3,0			
<i>Sensorik und Sensorsysteme</i>	VO	3,0			
<i>Schaltungstechnik</i>	VU	3,0			
ΣAnpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik <sup>1</sup>		6,0- 9,0	ΣAnpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik		3,0- 0,0
LVA Vertiefungspflichtmodule		15,0- 12,0	LVA Vertiefungspflichtmodule		9,0- 12,0
			LVA Wahlmodule		9,0
<b>Summe</b>		<b>30</b>	<b>Summe</b>		<b>30</b>
3. Semester		ECTS	4. Semester		ECTS
LVA Vertiefungspflichtmodule		3,0	Diplomarbeit		30
LVA Wahlmodule		18,0			
LVA Freie Wahlfächer und Transferable Skills		9,0			
<b>Summe</b>		<b>30</b>	<b>Summe</b>		<b>30</b>

<sup>1</sup> Es müssen 3 aus 6 LVA absolviert werden. Werden im 1. Semester 2 LVA absolviert, wird die 3. LVA im 2. Semester absolviert. Werden 3 LVA im 1. Semester absolviert, braucht im 2. Semester keine LVA mehr absolviert werden.