



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Bachelor

Master

Doktorat

Universitäts-
lehrgang

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

Technische Universität Wien
Beschluss des Senats der Technischen Universität Wien
am 19. Juni 2023

Gültig ab 1. Oktober 2023

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlage und Geltungsbereich	3
2. Qualifikationsprofil	3
3. Dauer und Umfang	5
4. Zulassung zum Masterstudium	5
5. Aufbau des Studiums	6
6. Lehrveranstaltungen	13
7. Prüfungsordnung	13
8. Studierbarkeit und Mobilität	15
9. Diplomarbeit	15
10. Akademischer Grad	15
11. Qualitätsmanagement	15
12. Inkrafttreten	16
13. Übergangsbestimmungen	16
A. Modulbeschreibungen	17
B. Lehrveranstaltungstypen	59
C. Übergangsbestimmungen	60
D. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen	62
E. Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen	64

1. Grundlage und Geltungsbereich

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

2. Qualifikationsprofil

Absolvent_innen 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 Absolvent_innen 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 Kompetenzen
- kognitive und praktische Kompetenzen
- soziale Kompetenzen, und Selbstkompetenzen

Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium *Embedded Systems* Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt.

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, computerbasierende 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 Kompetenzen Absolvent_innen 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 und Selbstkompetenzen Absolvent_innen 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 4 Semestern als Vollzeitstudium.

ECTS-Punkte (ECTS) sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden. Ein Studienjahr umfasst 60 ECTS-Punkte, wobei ein ECTS-Punkt 25 Arbeitsstunden entspricht (gemäß § 54 Abs. 2 UG).

4. Zulassung zum Masterstudium

Die Zulassung zum Masterstudium *Embedded Systems* setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder eines anderen fachlich in Frage kommenden Studiums mindestens desselben hochschulischen Bildungsniveaus an einer anerkannten inländischen oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus. Fachlich in Frage kommend sind jedenfalls die Bachelorstudien *Elektrotechnik und Informationstechnik*, *Technische Informatik*, sowie *Software & Information Engineering*, an der Technischen Universität Wien und das Bachelorstudium *Elektrotechnik*, an der Technischen Universität Graz.

Zum Ausgleich wesentlicher fachlicher Unterschiede können alternative oder zusätzliche Lehrveranstaltungen und Prüfungen im Ausmaß von maximal 30 ECTS-Punkten vorgeschrieben werden, die im Laufe des Masterstudiums zu absolvieren sind.

Personen, deren Erstsprache nicht Deutsch ist, haben die Kenntnis der deutschen Sprache, sofern dies gemäß § 63 Abs. 1 Z 3 UG erforderlich ist, nachzuweisen.

Für einen erfolgreichen Studienfortgang werden Deutschkenntnisse nach Referenzniveau B2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen empfohlen.

In einzelnen Lehrveranstaltungen kann der Vortrag in englischer Sprache stattfinden bzw. können die Unterlagen in englischer Sprache vorliegen. Daher werden Englischkenntnisse auf Referenzniveau B1 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen empfohlen.

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 Regelarbeitsaufwand sowie die Leistungsbeurteilung gekennzeichnet ist. Die Absolvierung von Modulen erfolgt in Form einzelner oder mehrerer inhaltlich zusammenhängender *Lehrveranstaltungen*. Thematisch ähnliche Module werden zu *Prüfungsfächern* zusammengefasst, deren Bezeichnung samt Umfang und Gesamtnote auf dem Abschlusszeugnis ausgewiesen wird.

Prüfungsfächer und zugehörige Module

Das Masterstudium *Embedded Systems* gliedert sich in nachstehende Prüfungsfächer mit den ihnen zugeordneten Modulen.

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

Pflichtmodule (27,0 ECTS)

Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik (9,0 ECTS)
oder

Anpassungsmodul Grundlagen Informatik (9,0 ECTS)

Design hochintegrierter Schaltungen (9,0 ECTS)

Embedded Systems Core (9,0 ECTS)

Drei Pflichtmodule müssen von allen Studierenden absolviert werden.

Vertiefungspflichtmodule (27,0 ECTS)

Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung (9,0 ECTS)

Bauelemente und Systeme – Vertiefung (9,0 ECTS)

Communication Networks (9,0 ECTS)

Formale Methoden (9,0 ECTS)

Informationstechnik in Smart Grids (9,0 ECTS)
Intelligente Autonome Systeme (9,0 ECTS)
Machine Vision in Embedded Systems (9,0 ECTS)
Systems on Chips Engineering (9,0 ECTS)

Aus den acht Vertiefungspflichtmodulen sind drei verpflichtend zu absolvieren.

Wahlmodule (27,0 ECTS)

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 Kommunikations- und Sensornetzwerke (9,0 ECTS)
Integration und Technologien Hochintegrierter Systeme (9,0 ECTS)
Mathematische Methoden (9,0 ECTS)
Mechatronik und Robotik Projekt (9,0 ECTS)
Mechatronische Systeme (9,0 ECTS)
Mikro- und Nanosystemtechnik (9,0 ECTS)
Network Security (9,0 ECTS)
Optimale Systeme - Embedded Systems (9,0 ECTS)
Robot Vision (9,0 ECTS)
Signal Processing (9,0 ECTS)
Smart Grids aus Netzperspektive (9,0 ECTS)
Systems on Chips - Vertiefung (9,0 ECTS)
Technologie 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.

Freie Wahlfächer und Transferable Skills (9,0 ECTS)

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.

Diplomarbeit (30,0 ECTS)

Siehe Abschnitt 9.

Kurzbeschreibung der Module

Dieser Abschnitt charakterisiert die Module des Masterstudiums *Embedded Systems* in Kürze. Eine ausführliche Beschreibung ist in Anhang A zu finden.

Advanced analog ICs (9,0 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 (9,0 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.

Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung (9,0 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.

Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik (9,0 ECTS) Das Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik basiert auf Pflichtlehrveranstaltungen der Bachelorstudien Elektrotechnik und Informationstechnik, die nicht verpflichtender Inhalt des Bachelorstudiums Informatik 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.

Anpassungsmodul Grundlagen Informatik (9,0 ECTS) Das Anpassungsmodul Grundlagen Informatik basiert auf Pflichtlehrveranstaltungen der Bachelorstudien Technische Informatik, die nicht verpflichtender Inhalt des Bachelorstudiums Elektrotechnik und Informationstechnik sind für die auch 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.

Bauelemente und Systeme – Vertiefung (9,0 ECTS) Das Modul *Bauelemente und Systeme – Vertiefung* behandelt Material- und Technologieaspekte zur Herstellung von mikro- und nanomechanischen Bauelementen und Systemen. Ferner gibt es vertiefende Einblicke in ausgewählte sensorische und aktorische MEMS/NEMS Bauelementkonzepte und ermöglicht deren praktische Umsetzung an Hand ausgewählter Technologieschritte.

Communication Networks (9,0 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.

Computer Vision (9,0 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 tiefergehendes Verständnis der Basiskonzepte der Computer Vision zum Ziel hat.

Design hochintegrierter Schaltungen (9,0 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 (9,0 ECTS) Dieses Modul bildet eine Einführung zu Embedded Systems und beinhaltet Architektur und Entwurf von integrierter Hard- und Software sowie Machine Learning im Embedded Systems Kontext. Weiters wird Embedded System Design in System-FPGAs vermittelt. Ein System-FPGA beinhaltet Prozessoren, verschiedenste Verarbeitungsblöcke, Speicher, I/O, Interconnect, und Embedded Software.

Emerging Devices (9,0 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 tiefergehendes Wissen aus dem Bereich der aktuellen

Mikroelektronik, Optoelektronik, sowie die zugrunde liegende Physik der Funktionsweise neuartiger Bauelemente (*emerging devices*) und Fertigungsprozesse.

Formale Methoden (9,0 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.

Formale Methoden - Vertiefung (9,0 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.

Freie Wahlfächer und Transferable Skills (9,0 ECTS) Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls dienen der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.

HW/SW CoDesign (9,0 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 Kommunikations- und Sensornetzwerke (9,0 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 ausgedescribten Themen wählen und diese allein oder im Team unter Betreuung der jeweiligen Assistenten bearbeiten.

Informationstechnik in Smart Grids (9,0 ECTS) Informations- und Kommunikationstechnik ist ein zentraler Bestandteil von intelligenten Energienetzen (Smart Grids). Das Modul vermittelt die grundlegenden Technologien, Architekturen und ganzheitlichen Designaspekte, die zum Verständnis und zur eigenständigen Umsetzung von Informationstechnik in Smart Grids notwendig sind. Im Zuge von Übungen und einem Projekt-

praktikum vertiefen die Studierenden zudem praktische Kenntnisse und die Fähigkeit zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten.

Integration und Technologien Hochintegrierter Systeme (9,0 ECTS) Dieses Modul vermittelt Kenntnisse auf dem Gebiet der Herstellung, Charakterisierung und der Leistungsmerkmale, moderner Halbleiterschaltungen und -systeme. Insbesondere werden Integrationsmodule- und Gesamtintegrationsabläufe, die bei der Herstellung von hochintegrierten Schaltungen und System-on-a-Chip Lösungen zum Einsatz kommen, beleuchtet. Ferner werden einschlägige Technologien der dreidimensionalen und hybriden Chipintegration eingehend behandelt.

Intelligente Autonome Systeme (9,0 ECTS) Das Modul beschäftigt sich mit fortgeschrittenen Methoden der Analyse, Regelung, und Künstlichen Intelligenz für moderne Robotersysteme, mit einem Fokus auf Anwendungen der Mensch-Roboter-Interaktion. Neben regelungstechnischen Methoden für die Manipulation und Lokomotion befasst sich das Modul mit vertiefenden Methoden des maschinellen Lernens und deren Anwendung in der Robotik.

Machine Vision in Embedded Systems (9,0 ECTS) Machine Vision untersucht wie Maschinen wie Roboter, Automation, und Embedded Systems mit visueller Sensorik und Wahrnehmung ausgerüstet werden können, um Entscheidungen für ihre jeweiligen Aufgaben zu treffen. Das Modul *Machine Vision in Embedded Systems* bietet einen Einblick in die Bildverarbeitung und in aktuelle Gebiete der Forschung. Im Zuge von Vertiefungsarbeiten wird der Stand der Technik vermittelt und auf das selbstständige Durchführen von wissenschaftlichen Arbeiten vorbereitet.

Mathematische Methoden (9,0 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 Differentialgleichungen, Linienmethode, Diskretisierungsverfahren und Numerik von Randwertproblemen. Die Themengebiete sollen sowohl theoretisch als auch praktisch behandelt werden.

Mechatronik und Robotik Projekt (9,0 ECTS) Ziel des Moduls *Mechatronik und Robotik Projekt* ist es, Studierende in individuellen Projekten im Bereich der Mechatronik, Messtechnik, Automatisierung und Robotik an das selbstständige wissenschaftliche Arbeiten heranzuführen und in die Grundlagen der Projektplanung und Projektorganisation zu schulen.

Mechatronische Systeme (9,0 ECTS) Im Modul *Mechatronische Systeme* werden Methoden des mechatronischen Systementwurfs und der Systemintegration behandelt, sowie Grundlagen dynamischer Systeme und physikalische Funktionsprinzipien von mechatronischen Komponenten und Teilsystemen, wie sie in modernen mechatronischen Systemen und Automatisierungslösungen in der Hochtechnologie Einsatz finden, vermittelt. Das Modul gliedert sich in einen Vorlesungsteil mit Übungen und einen Laborteil.

Mikro- und Nanosystemtechnik (9,0 ECTS) Im Modul *Mikro- und Nanosystemtechnik* werden aktuelle Fragestellungen über neuartige Fertigungsprozesse, Bauelemente-

konzepte 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 (9,0 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 ausgewählte Themen aus der aktuellen Forschung diskutiert. Alle Lehrveranstaltungen des Moduls finden in englischer Sprache statt.

Optimale Systeme - Embedded Systems (9,0 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 (9,0 ECTS) Das Modul *Robot Vision* bietet einen Einblick in die Bildverarbeitung im Einsatz in der industriellen Robotik und Automatisierungstechnik und in aktuelle Gebiete der Forschung. Im Zuge von Vertiefungsarbeiten wird der Stand der Technik vertieft und auf das selbstständige Durchführen von wissenschaftlichen Arbeiten vorbereitet.

Signal Processing (9,0 ECTS) Das Modul *Signal Processing* (Signalverarbeitung) baut auf den Inhalten der Vorlesungen Signale und Systeme I+II sowie den Grundlagen der Nachrichtentechnik des Bachelorstudiums Elektrotechnik und Informationstechnik an der TU Wien auf und vermittelt grundlegendes Wissen über Theorie und Methoden der digitalen Signalverarbeitung in deterministischen und stochastischen Systemmodellen.

Smart Grids aus Netzperspektive (9,0 ECTS) Der Schwerpunkt des Smart Grids-Moduls aus Netzperspektive liegt auf Stromversorgungsnetzen. Die komplexen Abhängigkeiten innerhalb der Smart Grids werden theoretisch und durch Übungen erklärt. Die Unterschiede zwischen europäischen und nordamerikanischen Energieversorgungsnetzen werden geklärt, um den Studierenden einen soliden Ausgangspunkt für das Berufsleben zu bieten. Das angebotene Wissen reicht von populärsten Smart Grid Konzepten bis hin zu zentralen und dezentralen Architekturen für Smart Grids ihrem ganzheitlichen Ansatz, welcher nach fraktalen Prinzipien gestaltet ist, und Integration der Energiesysteme und Energiegemeinschaften. SCADA, EMS und DMS, relevante Regelungs- und Steuerungssysteme die das praktische Fundament für Smart Grids bilden, sind sorgfältig eingeführt. Die Studierenden werden durch Literaturrecherche und Arbeit in kleinen Gruppen mit den populärsten Smart-Grid-Konzepten vertraut gemacht.

Systems on Chips Engineering (9,0 ECTS) Die Standard-Architekturen für homogene und heterogene Systems on Chips werden behandelt, wobei alle wichtigen Teil-

strukturen 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.

Systems on Chips - Vertiefung (9,0 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 (9,0 ECTS) Das Modul *Technologie und 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 (9,0 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.

6. Lehrveranstaltungen

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

Betreffend die Möglichkeiten der Studienkommission, Module um Lehrveranstaltungen für ein Semester zu erweitern, und des Studienrechtlichen Organs, Lehrveranstaltungen individuell für einzelne Studierende Wahlmodulen zuzuordnen, wird auf § 27 des Studienrechtlichen Teils der Satzung der TU Wien verwiesen.

7. Prüfungsordnung

Der positive Abschluss des Masterstudiums erfordert:

1. die positive Absolvierung der im Studienplan vorgeschriebenen Module, wobei ein Modul als positiv absolviert gilt, wenn die ihm gemäß Modulbeschreibung zuzurechnenden Lehrveranstaltungen positiv absolviert wurden,

2. die Abfassung einer positiv beurteilten Diplomarbeit und
3. die positive Absolvierung der kommissionellen Abschlussprüfung. Diese erfolgt mündlich vor einem Prüfungssenat gemäß § 13 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 § 17 (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 sowie
- (e) auf Antrag des_der Studierenden die Gesamtnote des absolvierten Studiums gemäß §72a UG.

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. Wenn keines der Prüfungsfächer schlechter als mit „gut“ und mindestens die Hälfte mit „sehr gut“ benotet wurde, so lautet die *Gesamtbeurteilung* „mit Auszeichnung bestanden“ und ansonsten „bestanden“.

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.

Zusätzlich können zur Erhöhung der Studierbarkeit Gesamtprüfungen zu Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter angeboten werden, wobei diese wie ein Prüfungstermin für eine Vorlesung abgehalten werden müssen und § 15 (6) des *Studienrechtlichen Teils der Satzung der Technischen Universität Wien* hier nicht anwendbar ist.

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. Bei Lehrveranstaltungen, bei denen eine Beurteilung in der oben genannten Form nicht möglich ist, werden diese durch „mit Erfolg teilgenommen“ (E) bzw. „ohne Erfolg teilgenommen“ (O) beurteilt.

8. Studierbarkeit und Mobilität

Studierende des Masterstudiums *Embedded Systems* sollen ihr Studium mit angemessenem Aufwand in der dafür vorgesehenen Zeit abschließen können.

Den Studierenden wird empfohlen, ihr Studium nach dem Semestervorschlag in Anhang D zu absolvieren.

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

Die Zahl der jeweils verfügbaren Plätze in Lehrveranstaltungen mit beschränkten Ressourcen wird von der Lehrveranstaltungsleitung festgelegt und vorab bekannt gegeben. Die Lehrveranstaltungsleitung ist berechtigt, für ihre Lehrveranstaltung Ausnahmen von der Teilnahmebeschränkung zuzulassen.

9. Diplomarbeit

Die Diplomarbeit ist eine künstlerisch-wissenschaftliche Arbeit, die dem Nachweis der Befähigung dient, ein Thema selbstständig inhaltlich und methodisch vertretbar zu bearbeiten. Das Thema der Diplomarbeit ist von der oder dem Studierenden frei wählbar und muss im Einklang mit dem Qualifikationsprofil stehen.

Das Prüfungsfach *Diplomarbeit* umfasst 30 ECTS-Punkte und besteht aus der wissenschaftlichen Arbeit (Diplomarbeit), die mit 27 ECTS-Punkten bewertet wird, sowie aus der kommissionellen Abschlussprüfung im Ausmaß von 3 ECTS-Punkten.

10. Akademischer Grad

Den Absolvent_innen 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. Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement des Masterstudiums *Embedded Systems* gewährleistet, dass das Studium in Bezug auf die studienbezogenen Qualitätsziele der TU Wien konsistent konzipiert ist und effizient und effektiv abgewickelt sowie regelmäßig überprüft wird.

Das Qualitätsmanagement des Studiums erfolgt entsprechend dem Plan-Do-Check-Act Modell nach standardisierten Prozessen und ist zielgruppenorientiert gestaltet. Die Zielgruppen des Qualitätsmanagements sind universitätsintern die Studierenden und die Lehrenden sowie extern die Gesellschaft, die Wirtschaft und die Verwaltung, einschließlich des Arbeitsmarktes für die Studienabgänger_innen.

In Anbetracht der definierten Zielgruppen werden sechs Ziele für die Qualität der Studien an der Technischen Universität Wien festgelegt: (1) In Hinblick auf die Qualität und Aktualität des Studienplans ist die Relevanz des Qualifikationsprofils für die Gesellschaft und den Arbeitsmarkt gewährleistet. In Hinblick auf die Qualität der inhaltlichen Umsetzung des Studienplans sind (2) die Lernergebnisse in den Modulen des Studienplans geeignet gestaltet um das Qualifikationsprofil umzusetzen, (3) die Lernaktivitäten und -methoden geeignet gewählt, um die Lernergebnisse zu erreichen, und (4) die Leistungsnachweise geeignet, um die Erreichung der Lernergebnisse zu überprüfen. (5) In Hinblick auf die Studierbarkeit der Studienpläne sind die Rahmenbedingungen gegeben, um diese zu gewährleisten. (6) In Hinblick auf die Lehrbarkeit verfügt das Lehrpersonal über fachliche und zeitliche Ressourcen um qualitätsvolle Lehre zu gewährleisten.

Um die Qualität der Studien zu gewährleisten, werden der Fortschritt bei Planung, Entwicklung und Sicherung aller sechs Qualitätsziele getrennt erhoben und publiziert. Die Qualitätssicherung überprüft die Erreichung der sechs Qualitätsziele. Zur Messung des ersten und zweiten Qualitätszieles wird von der Studienkommission zumindest einmal pro Funktionsperiode eine Überprüfung des Qualifikationsprofils und der Modulbeschreibungen vorgenommen. Zur Überprüfung der Qualitätsziele zwei bis fünf liefert die laufende Bewertung durch Studierende, ebenso wie individuelle Rückmeldungen zum Studienbetrieb an das Studienrechtliche Organ, laufend ein Gesamtbild über die Abwicklung des Studienplans. Die laufende Überprüfung dient auch der Identifikation kritischer Lehrveranstaltungen, für welche in Abstimmung zwischen studienrechtlichem Organ, Studienkommission und Lehrveranstaltungsleiter_innen geeignete Anpassungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt werden. Das sechste Qualitätsziel wird durch qualitätssichernde Instrumente im Personalbereich abgedeckt. Zusätzlich zur internen Qualitätssicherung wird alle sieben Jahre eine externe Evaluierung der Studien vorgenommen.

12. Inkrafttreten

Dieser Studienplan tritt mit 1. Oktober 2023 in Kraft.

13. Übergangsbestimmungen

Die Übergangsbestimmungen sind in Anhang C zu finden.

A. Modulbeschreibungen

Die den Modulen zugeordneten Lehrveranstaltungen werden in folgender Form angeführt:

9,9/9,9 XX Titel der Lehrveranstaltung

Dabei bezeichnet die erste Zahl den Umfang der Lehrveranstaltung in ECTS-Punkten und die zweite ihren Umfang in Semesterstunden. ECTS-Punkte sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden, wobei ein Studienjahr 60 ECTS-Punkte umfasst und ein ECTS-Punkt 25 Stunden zu je 60 Minuten entspricht. Eine Semesterstunde entspricht so vielen Unterrichtseinheiten wie das Semester Unterrichtswochen umfasst. Eine Unterrichtseinheit dauert 45 Minuten. Der Typ der Lehrveranstaltung (XX) ist in Anhang *Lehrveranstaltungstypen* auf Seite 59 im Detail erläutert.

Advanced analog ICs

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 opto-elektronischer Schaltungstechnik abseits und entlang des Scalings von CMOS.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Dieses Modul vermittelt die Fertigkeiten, Fragestellungen der Auswahl von ICs und des IC- Entwurfs zu lösen. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten zu analogen integrier-ten Schaltungen, optischen Sensor-ICs in Zusammenarbeit mit Design-Häusern und ASIC-Herstellern.

Inhalt: Einführung in die Grundlagen integrierter Fotodetektoren, integrierter opto-elektronischer Sensoren und in moderne Schaltungstechnik analoger und opto-elektronischer 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen. Verständnis für und Interesse an grundlagen- als auch anwendungsorientierten Fragestellungen aus dem Bereich der analogen integrier-ten Schaltungstechnik.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Mündliche Prüfungen mit Theorie- und Verständnisfragen bzw. Beurteilung des Seminarvortrages.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

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

Algorithmik

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: Extended ability to design proper algorithms and data structures also for challenging computational problems and to analyze and compare different algorithms.

Inhalt: 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: Capability of abstraction, programming and software engineering skills.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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: 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.

3,0/2,0 VU Approximation Algorithms
 5,0/3,0 VO Analysis of Algorithms
 4,0/2,0 UE Analysis of Algorithms
 3,0/2,0 VU Algorithmic Geometry
 6,0/4,0 VU Algorithms Design
 3,0/2,0 VU Algorithms in Graph Theory
 6,0/4,0 VU Algorithmics
 3,0/2,0 SE Seminar aus Algorithmik
 4,5/3,0 VU Dependable Distributed Systems
 6,0/4,0 VU Distributed Algorithms
 3,0/2,0 VU Discrete Reasoning Methods
 3,0/2,0 VU Efficient Algorithms
 3,0/2,0 VU Heuristic Optimization Techniques
 3,0/2,0 VO Inductive Rule Learning
 4.5/3.0 VU Machine Vision
 3,0/2,0 VU Mathematical Programming
 3,0/2,0 VU Modeling and Solving Constrained Optimization Problems
 3,0/2,0 VU Networks: Design and Analysis
 3,0/2,0 VU Optimization in Transport and Logistics
 3,0/2,0 VU Parallele Algorithmen
 3,0/2,0 VU Problem Solving and Search in Artificial Intelligence
 3,0/2,0 VU Rigorous Systems Engineering
 3,0/2,0 VU Real-Time Scheduling

Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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. 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.

Inhalt: Einführung in die Testsystematik integrierter Schaltungen, Layout analoger Schaltungsmodule, Design-Rule Check, Layout Versus Schematic, Extraktion und Post-layoutsimulation analoger ICs, moderne Schaltungstechnik analoger integrierter und mixed Signal Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen und Entwurfsaufgaben, Tests möglich.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

3,0/2,0 SE Seminar Mixed-Signal ICs

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik Vertiefung

Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: 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 Informationsverarbei-

tung und unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen kreativ Lösungen für diese Aufgabenstellung zu erarbeiten.

Inhalt: 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 Grundschalungen (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 Grundschalungen.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Theoretische Kenntnisse der mathematischen Grundlagen, der Physik und der Elektrotechnik.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zur Lösung physikalischer und mathematischer Fragestellungen in den Ingenieurwissenschaften.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vor-

trag 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 Übungssteilen.

Lehrveranstaltungen des Moduls: Mindestens 9 ECTS aus dieser Liste müssen absolviert werden.

3,0/2,0 VO Halbleiterphysik für Informatik

3,0/2,0 VO Photonik 1

3,0/2,0 VO Sensorik und Sensorsysteme

3,0/3,0 VU Schaltungstechnik

3,0/3,0 VO Energieversorgung

3,0/3,0 VO Elektronische Bauelemente für Informatik

Anpassungsmodul Grundlagen Informatik

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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.

Inhalt: 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.

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).

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

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.

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

- 3,0/2,0 VU Einführung in Theoretische Informatik und Logik
- 1,5/2,0 VO Betriebssysteme für Elektrotechnik
- 1,5/2,0 VO Echtzeitsysteme für Elektrotechnik
- 3,0/3,0 VU Dependable Systems

Bauelemente und Systeme – Vertiefung

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls haben Studierende vertiefte Kenntnisse im Bereich ausgewählter Herstellungsverfahren als auch Mess- und Wandlerprinzipien mikro- und nanomechanischer Sensoren, Aktuatoren und Systemen. Studierende besitzen zudem ein Verständnis der zugrundeliegenden physikalischen und technischen Problemstellungen und kennen spezifische Arbeitsmethoden zur Lösung einschlägiger Fragestellungen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden erhalten Kenntnisse über charakteristische Limitierungen der vermittelten Herstellungsverfahren und sind in der Lage, selbst komplexe Fertigungsabläufe zu verstehen. Diese Kenntnis über deren vielschichtigen Abhängigkeiten befähigen sie zum Finden besonderer Lösungsstrategien. Ferner haben Studierende Kenntnisse über die physikalischen und technischen Grenzen einzelner Mess- und Wandlerprinzipien und deren Auswirkung auf gängige Anwendungsszenarien. Studierende besitzen die Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen in den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt. Im Rahmen von Laborübungen können Studierende mit Forschenden direkt zusammenarbeiten und so ihre Teamfähigkeit weiterentwickeln und gleichzeitig Einblicke in wissenschaftliches Arbeiten gewinnen. Durch „inverted classroom“ Konzepte (z.B. in VO Aktorik) wird die Kompetenz zum Selbststudium gestärkt und gleichzeitig eine höhere Interaktion mit den Lehrenden gefördert

Inhalt:

- Vertiefende Kenntnisse auf dem Gebiet von mikro- und nanotechnisch hergestellten Sensoren, Aktuatoren und Systemen insbesondere zur Erfassung und Umsetzung physikalischer Größen
- Diskussion von ausgewählten MEMS/NEMS Herstellungsverfahren und deren Integration zu einem Gesamtprozess
- Vermittlung der physikalisch-technischen Grundlagen von Mess- und Wandlerprinzipien (piezoelektrisch, kapazitiv, piezoresistiv) für mikro- u. nanomechanische Strukturen und Bauelemente
- Vermittlung von zentralen, physikalischen Kenngrößen funktionaler MEMS/NEMS Materialien
- Methoden zur analytischen Beschreibung von sensorischen und aktorischen MEMS/NEMS Bauelementen und Extraktion von Bauelemente-relevanten Parametern
- Aktuelle Anwendungsbeispiele von sensorischen und aktorischen Bauelementen und daraus resultierenden Systemen

- Herstellung von MEMS/NEMS Bauelementen an Hand ausgewählter Technologieschritte im Reinraum und deren Charakterisierung

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Erwartet werden grundlegende Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere aus den Bereichen Sensorik/Aktorik, Technologie und entsprechender Herstellungsverfahren. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesung Sensorik und Sensorsysteme aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien wird in diesem Modul implizit vorausgesetzt.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Fähigkeit zum Verständnis aktueller Fragestellungen aus dem Bereich Mikro- und Nanosensorik, Mikro- und Nanoaktorik und daraus resultierender Systeme wird vorausgesetzt.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Selbstorganisation, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

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:

- 3,0/2,0 VU Sensorik
- 3,0/2,0 VO Aktorik
- 3,0/2,0 UE Labor Mikrosystemtechnik

Communication Networks

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse zu Konzepten und Methoden in drahtlosen und drahtgebundenen Kommunikationsnetzen, Funktionsweise von Kommunikationsprotokollen, Sicherheitsmaßnahmen, zukünftige Herausforderungen

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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.

Inhalt: Communication Networks 1: Grundlegende Konzepte in drahtlosen und drahtgebundenen Kommunikationsnetzen, Protokolle der Internet Protocol Suite (Kenntnisse aus VU Datenkommunikation werden vorausgesetzt), 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:

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

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vorlesungsinhalte werden durch Übungen/Laborübungen vertieft. Schriftliche und/oder mündliche Prüfungen sowie praktische Laborabgaben.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

4,5/3,0 VO Communication Network 1

4,5/3,0 VU Communication Network 2

Computer Vision

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage ihr Wissen selbstständig 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.

Inhalt: 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:

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

Kognitive und praktische Kompetenzen: Es werden die kognitiven und praktischen Fertigkeiten eines einschlägigen Bachelorabsolventen erwartet.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

3,0/2,0 VU 3D Vision

3,0/2,0 UE 3D Vision

3,0/2,0 VO Videoverarbeitung

3,0/2,0 UE Videoverarbeitung

Design hochintegrierter Schaltungen

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: 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.

Inhalt: 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Schriftliche oder mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen bzw. Simulationsaufgaben, Tests möglich.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

- 3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen
- 3,0/2,0 VU Digitale Integrierte Schaltungen
- 3,0/2,0 UE Labor Analoge Integrierte Schaltungen
- 3,0/2,0 UE Labor Digitale Integrierte Schaltungen

Embedded Systems Core

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Studierenden erwerben Kenntnisse aus dem Bereich Mustererkennung, Recognition und Machine Learning, 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage, mit aktuellen Methoden Modelle zu Systemen zu entwickeln, die aus Software und Elektronik bestehen.

Inhalt: Regression, Mustererkennung, Wahrscheinlichkeitsbasierte Methoden zur Klassifikation, Dimensionsreduktion, Statistisches Clustering, Unüberwachtes Lernen, EM

Algorithmus, Bestärkendes Lernen. Hardware Design, Integrierte Schaltkreise, Hardware Modellierung, Optimierung, Simulation, Validierung

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik. Grundlagen von Digitalen Schaltkreisen, Boolesche Algebra, Betriebssystemen und Rechnerarchitektur. Inhalte der VU Digitale Integrierte Schaltungen oder gleichwertiger Lehrveranstaltung.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Abstraktionsfähigkeit und Programmierkenntnisse; Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

4,5/3,0 VU Machine Learning

4,5/3,0 VU Embedded Systems in FPGAs

Emerging Devices

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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.

Inhalt: Theorie und Technologie aktueller CMOS: 3D Trigate, 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, Anti-Ferromagnetische Materialien für Spintronik-Anwendungen, Ansätze für universelle Speicher, Optoelektronische Bauelemente.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Bachelor-Kenntnisse in den Fachgebieten der Elektrotechnik, der Mikroelektronik, Festkörperelektronik oder Physik, der Materialwissenschaften oder Prozesstechnologien.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen fortgeschrittener wissenschaftlich-technischer Fragestellungen auf Bachelor-Niveau.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

3,0/2,0 VO Zukünftige Speicher und Logikelemente

3,0/2,0 VO Neuartige nano- und optoelektronische Bauteile

3,0/2,0 SE Emerging Devices

3,0/2,0 SE Mikro- und nanoelektronische und optische Bauelemente

3,0/2,0 SE Emerging Devices in Power Applications

Formale Methoden

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Fortgeschrittene Kenntnisse in Berechenbarkeit, Entscheidungsprozeduren, Semantik von Programmen und automatischer Verifikation.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zur Anwendung der obigen Konzepte in praktischer und theoretischer Arbeit sowie in Speziallehrveranstaltungen.

Inhalt: 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.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Knowledge of basic concepts in theoretical computer science, logic, discrete mathematics, programming, and algorithms, as taught at respective bachelor courses.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende sollten grundlegende Kenntnisse und Fähigkeiten der Programmierung und der Mathematik besitzen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Lehrveranstaltungen mit einem Vorlesungs- und einem Übungsteil. Die Übungen bestehen aus schriftlichen Hausübungen. Die Abschlussnote wird durch eine abschließende schriftliche oder mündliche Prüfung bestimmt.

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.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

6,0/4,0 VU Formale Methoden der Informatik

3,0/2,0 VU Computer-Aided Verification

3,0/2,0 VU Hybrid Systems

Formale Methoden - Vertiefung

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: The ability to use state-of-the-art verification methods, and to develop new verification methods.

Inhalt: 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Module Formal Methods, solid background in algorithms and discrete mathematics.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Capability to use abstract mathematical concepts, programming skills.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

- 3,0/2,0 UE Computer-Aided Verification
- 6,0/4,0 VU Software Model Checking
- 3,0/2,0 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
- 4,5/3,0 VU Semantik von Programmiersprachen
- 3,0/2,0 VU Analyse und Verifikation
- 3,0/2,0 VO Typsysteme
- 3,0/2,0 VU SAT Solving and Extensions
- 3,0/2,0 LU Hybrid Systems
- Falls nicht im Modul Formale Methoden gewählt:
 - 3,0/2,0 VU Computer-Aided Verification
 - 3,0/2,0 VU Hybrid Systems

Freie Wahlfächer und Transferable Skills

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse: Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls dienen der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.

Inhalt: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen

Lehrveranstaltungen des Moduls: Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls können frei aus dem Angebot an wissenschaftlichen und künstlerischen Lehrveranstaltungen, die der Vertiefung des Faches oder der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen dienen, aller anerkannten in- und ausländischen postsekundären Bildungseinrichtungen ausgewählt werden, mit der Einschränkung, dass zumindest 4,5 ECTS aus den Themenbereichen der Transferable Skills zu wählen sind. Für die Themenbereiche der Transferable Skills werden insbesondere Lehrveranstaltungen aus dem zentralen Wahlfachkatalog der TU Wien für „Transferable Skills“ empfohlen.

HW/SW CoDesign

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Verständnis der Vorzüge und Limitierungen

einer Implementierung in HW bzw. in SW, Tradeoffs, Performance-Analyse und Identifikation von Bottlenecks, systematische Partitionierung einer Gesamtaufgabe in HW und SW, Systems Engineering, Kenntnisse über Codegeneratoren.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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.

Inhalt: 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Hardwareentwurf und Designflow für FPGA, Grundkenntnisse von Prozessorarchitekturen und Performance, Kenntnis der Sprache C, Programmwurf, Compiler-Tools, Assembler, Übersetzerbau.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

1,5/1,5 VU HW/SW Codesign

4,5/3,0 LU HW/SW Codesign

3,0/2,0 VO Codegeneratoren

Industrielle Kommunikations- und Sensornetzwerke

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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.

Inhalt: Im Rahmen des 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlagen der Kommunikations- und Netzwerktechnik wünschenswert, Programmierkenntnisse, Systemverständnis.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Lernwilligkeit, Begeisterungsfähigkeit, Interesse an wissenschaftlichen Projekten.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

3,0/2,0 VU Industrielle Kommunikationstechnik

6,0/4,0 PR Sensornetzwerke

Informationstechnik in Smart Grids

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse von Theorie und Praxis der in den Themengebieten der Informations- und Kommunikationstechnik und der Technik intelligenter Energienetze, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz und die technologische Weiterentwicklung relevant sind. Studierende erhalten tiefgehende Kenntnisse und Lösungskompetenz durch computertechnische Methoden und Programmierfähigkeiten zum Themengebiet Smart Grids.

Studierende sind nach Abschluss in der Lage, ein technisch-wissenschaftliches Projekt zu planen, den Stand der Technik zu erheben und zu diskutieren, Lösungsvorschläge

zu erarbeiten, umzusetzen und mittels Simulation oder Experiment zu validieren. Im Rahmen des Projektpraktikums eignen sich die Studierenden vertiefende Kenntnisse im Bereich des gewählten Forschungsthemas an und können nach wissenschaftlichen Grundsätzen einen Bericht verfassen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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.

Inhalt: Informationstechnische Anforderungen an intelligente Energienetz, IT-Architekturen und -Lösungen in Smart Grids, Integration und Umsetzungen von Demand Side Management, Smart Metering, Datenschutz und Sicherheit, Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung aus dem Fachgebiet Smart Grids, Projektplanung, Literaturrecherche, Umsetzung und Verifikation, Projektdokumentation, Projektpräsentation.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Programmieren, Digitale Systeme, Datenkommunikation, Mikrocomputer und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelorstudiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Empfohlen werden die Beherrschung und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Elektronik, Informationstechnik, Netzwerke und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelorstudiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Simulations- und Programmierertools wie Matlab, Python oder Java und Embedded Systems sind wünschenswert.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag und Diskussion über die methodischen Grundlagen der oben genannten Inhalte mit Folien- und Tafelunterstützung. Diese werden durch praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse in Übungen vertieft.

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, Theoriefragen und selbstständiges Lösen von Programmieraufgaben.

Im Rahmen der Projektarbeit erhalten die Studierenden Zugang zu den erforderlichen Hard- und Softwaretools sowie Daten, um die Forschungsarbeit durchzuführen. Der Fortschritt wird regelmäßig mit den Lehrenden und anderen Studierenden diskutiert und präsentiert, die Resultate in einem Bericht nach wissenschaftlichen Grundsätzen und den Erfordernissen der Themenstellung zusammengefasst.

Die Leistungsbeurteilung der VU Informationstechnik in Smart Grids erfolgt prüfungsimmanent mit folgenden zu erbringenden Teilleistungen: Theorieprüfung, Erarbeitung von Programmcode und Abgabegespräch. Die Leistungsbeurteilung des PR Smart Grids

erfolgt prüfungsimmanent auf Basis der Projektdurchführung, der Gespräche mit den Lehrenden sowie des Projektberichts.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

3,0/2,0 VU Informationstechnik in Smart Grids

6,0/4,0 PR Praktikum Smart Grids

Integration und Technologien Hochintegrierter Systeme

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Beherrschung von Grundkenntnissen über die Herstellung, Charakterisierung und Leistungsmerkmale von Hochintegrierten Halbleiterschaltungen und System-on-a-Chip Lösungen. Ferner, erwerben die Studierenden fortgeschrittene Kenntnisse über Modul- und Gesamtintegrationsansätze einschlägiger dreidimensionalen- und hybriden-Chipintegration.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Befähigung zur Anwendung der erlernten Verfahren und Lösungsorientierter Ansätze zur Bewältigung künftiger Ingenieurstechnischer Herausforderungen. Erfahrung im Umgang und zeitgerichteten Einsatz moderner Halbleiterproduktionstechnologien zur bewältigung komplexer Integrationsaufgaben.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Durch das Lösen und Diskutieren von technischen Aufgaben im Labor und in Übungen in Gruppen werden soziale Kompetenzen vermittelt.

Inhalt: Aufbauend auf den erworbenen Kenntnissen über den Aufbau und die Funktionsprinzipien der einzelnen Halbleiterbauelemente wird in diesem Modul die gleichzeitige Herstellung all dieser Komponenten auf einem Halbleiterwafer, d.h. die Technologie der Prozessintegration, erarbeitet. Gegenstand sind daher die Schlüsselprozesse und Integrationsmodule der modernen Halbleiterfertigung, insbesondere Dotierung, präzise Schichtherstellung, Strain-Engineering, Strukturierung und Strukturübertragung in den kleinsten technisch möglichen Dimensionen. Darauf aufbauend werden die Prozess- und die Device-Architekturen der integrierten Bauelemente bis hin zum Packaging und der dreidimensionalen und hybriden SoC Integration behandelt, sowie wesentliche technologiebezogene Aspekte wie Layout, Designregelwerk und Skalierbarkeit speziell ausgearbeitet. Abschließend werden die erworbenen Kenntnisse in Gruppen anhand aktueller Integrationsaufgaben angewendet. Laborübungen reichen von fortgeschrittenen elektrischen Charakterisierungsmessungen mit modernsten Geräten bis hin zur Halbleitertechnologieprozessierung im Reinraum.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlegende Kenntnisse in der Funktion und Eigenschaften elektronischen Halbleiterbauelementen, sowie der Inhalt der VO Elektronische Bauelemente für Informatik oder der VU Elektronische Bauelemente.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Allgemeines physikalisches und schaltungstechnisches Grundverständnis.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vorlesungen, Seminare, unmittelbare Umsetzung von gewonnenen Kenntnissen in Übungen und geblockte Laborübungen. Schriftliche oder mündliche Prüfungen, Vortrag und Diskussion in Gruppen über neue Integrationsansätze, verfassen eines Laborberichts.

Lehrveranstaltungen des Moduls: Mindestens 9 ECTS aus dieser Liste müssen absolviert werden.

3,0/2,0 UE Labor Mikroelektronik-Technologie

3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente

3,0/2,0 SE Seminar 3D- und Hybride- Integrationstechniken

3,0/2,0 VU Materialien, Prozesse und Technologien der Mikroelektronik

Intelligente Autonome Systeme

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Das Modul vermittelt grundlegendes Wissen in aktuellen Bereichen des Machine Learning und von intelligenten autonomen Systemen. Dieses Modul ermöglicht den Studierenden sich mit den grundlegenden Ansätzen des Machine Learning und von autonomen Systemen vertraut zu machen um diese Methoden in Robotersystemen einzusetzen und erste selbständige Arbeiten durchzuführen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Verbessertes Verständnis intelligenter autonomer Systeme sowie Fertigkeiten in der Anwendung relevanter Methoden und Verfahren. Die Studierenden erlernen ihr Wissen hinsichtlich des Einsatzes von Methoden und Modellen des Maschinellen Lernens und von autonomen Systemen zu hinterfragen. Die Studierenden können die Methoden wiedergeben, fachlich diskutieren, und sich selbst neue Arbeiten auf dem Gebiet erarbeiten.

Inhalt:

- Grundlagen und vertiefende Methoden und Modelle von Robot Learning
- Grundlagen und vertiefende Methoden von Learning from Demonstrations
- Robot Learning und dessen Einsatzmöglichkeiten in der Industrierobotik und Servicerobotik
- Tiefergehende Methoden des Roboterlernens werden in einem Seminar oder einem Projekt erarbeiten
- Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung aus dem Fachgebiet Robot Learning
- Selbständige Analyse des Stands der Technik
- Zusammenfassung der Ergebnisse von Literaturrecherche oder Projekt

- Präsentation

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt. Außerdem wird die Absolvierung der Lehrveranstaltung Machine Learning aus dem Modul Embedded Systems Core empfohlen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Empfohlen werden die Beherrschung der und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Matlab/Python/C++ sind wünschenswert.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Selbstorganisation, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Schriftliche und/oder mündliche Prüfung.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

4,5/3,0 VU Robot Learning

4,5/3,0 VU Weiterführende Methoden des Robot Learnings

Machine Vision in Embedded Systems

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Das Modul vermittelt tieferes Wissen in aktuellen Bereichen der Machine Vision und speziell von Robot Vision. Die Studierenden verfügen über ein kritisches Verständnis der wichtigsten Theorien, Prinzipien, Konzepte und Algorithmen des Einsatzes von Bildverarbeitung in der Robotik. 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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 Ergebnisse auf dem Gebiet erarbeiten. Die Studierenden üben und erwerben die Kritikfähigkeit an eigenen und an fremden Arbeiten. Die Studierenden erlernen Selbstorganisation und Eigenverantwortlichkeit zum eigenständigen Lösen von Aufgaben.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: (1) alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachgebiet dieses Moduls zu analysieren und dafür Lösungen zu erarbeiten; (2) analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert zu denken; (3) ihr eigenes Handeln und die eigenen Fähigkeiten zu reflektieren sowie die Folgen ihres Handelns in fachlicher, ethischer und ökologischer Hinsicht abzuschätzen; (4) selbstverantwortlich und wissenschaftlich zu arbeiten; (5) im Fachbereich dieses Moduls Wissen zu vermitteln, zu beraten, in interdisziplinären Teams effizient zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren und wirksam zu präsentieren; (6) ihre Kompetenzen auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.

Inhalt:

- Grundlagen und vertiefende Methoden und Modelle des Gebietes Machine Vision
- Sensorik für Machine Vision: 2D und 3D Kamera Systeme und Stereo Vision
- Besonderheiten von Robotersehen als Erweiterung zu Computersehen
- Vertiefung der Kenntnisse in Robot Vision durch Ausarbeitung einer konkreten Fragestellung
- Selbständige Analyse des Stands der Technik
- Erarbeitung eines Lösungsvorschlags und der Implementierung eines Lösungsweges mit den betreuenden Assistent_innen
- Zusammenfassung der Ergebnisse in Form einer Publikation in IEEE-Format und Vortrag
- Aktive Teilnahme an eingeladenen Vorträgen von Experten aus dem Fachgebiet

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelor-Studiums Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt. Zusätzlich werden die Inhalte der Lehrveranstaltung Machine Learning aus dem Modul Embedded Systems Core vorausgesetzt.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Empfohlen werden die Beherrschung der und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Matlab/Python/C++ sind wünschenswert.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Selbstorganisation, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die Leistungsbeurteilung erfolgt prüfungsimmanent im Übungsteil und einer abschließenden mündlichen oder schriftlichen Prüfung.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

4,5/3,0 VU Machine Vision

Mathematische Methoden

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: 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.

Inhalt: 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:

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

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

4,5/3,0 VO Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation

4,5/3,0 UE Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation

Mechatronik und Robotik Projekt

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage, ein wissenschaftliches Kleinprojekt zu einer gegebenen technisch wissenschaftlichen Aufgabenstellung zu planen, durchzuführen und zu dokumentieren. Sie können für die Aufgabenstellung einen Projektplan erstellen, eine Literaturrecherche zum Stand der Technik durchführen, sowie einen Lösungsvorschlag zur Problemstellung erarbeiten, den Versuchsaufbau in Labor oder in Software umsetzen und die geplanten Experimente bzw. Simulationen durchführen. Zur Dokumentation des Projekts sind die Studierenden in der Lage, einen wissenschaftlichen Bericht in einem angemessenen akademischen Stil zu verfassen. Im Projekt erwerben die Studierenden vertiefende Kenntnisse und Erfahrungen zu den gewählten Forschungsthemen und sind in der Lage, den aktuellen Stand der Technik und die Herausforderungen des Themas zu erklären.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können Studierende wissenschaftliche Fragestellungen selbständig in einem Kleinprojekt, je nach Aufgabenstellung, als Versuchsaufbau im Labor oder mit entsprechenden Softwaretools als Simulation umsetzen. Sie können für die Aufgabenstellung eine Auswahl der optimalen Systemkomponenten, Funktionsprinzipien und Simulationswerkzeuge erarbeiten. Sie können den Versuchsaufbau realisieren, analysieren und im Vergleich zum Stand der Technik bewerten, sowie die gemessenen experimentellen Daten bzw. Simulationen analysieren und entsprechend interpretieren. Studierende können eine Projektplanung, Literaturrecherche und Projektdokumentation selbstständig durchführen die erlernten Methoden auf andere Aufgabenstellungen selbständig anwenden. Sie können die Projektergebnisse präsentieren und schriftlich in einem Bericht dokumentieren.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: (1) alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachgebiet der Aufgabenstellung zu analysieren und dafür Lösungen zu erarbeiten; (2) analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert zu denken; (3) ihr eigenes Handeln

und die eigenen Fähigkeiten zu reflektieren sowie die Folgen ihres Handelns in fachlicher, ethischer und ökologischer Hinsicht abzuschätzen; (4) selbstverantwortlich und wissenschaftlich zu arbeiten; (5) im Fachbereich der Aufgabenstellung Wissen zu vermitteln, zu beraten, in interdisziplinären Teams effizient zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren und wirksam zu präsentieren; (6) ihre Kompetenzen auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.

Inhalt:

- Projektvorbereitung und Projektplanung
- Projektausarbeitung
- Literaturrecherche
- Projektdokumentation
- Projektpräsentation
- Wissenschaftliche Fragestellung zu einem aktuellen Thema aus den Fachgebieten Automation, Instrumentierung, Mechatronik, Messtechnik, Regelungstechnik oder Robotik

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik, Antriebe, Elektronik und/oder Messtechnik eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau wie die entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Empfohlen werden die Beherrschung und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik, Antriebe, Elektronik und Messtechnik eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Matlab/Simulink sind wünschenswert.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Selbstorganisation, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die Studierenden erhalten Zugang zu Laboreinrichtungen bzw. eine Studienumgebung, um kurze Forschungsarbeiten zu einem bestimmten Thema durchzuführen, einschließlich der Literaturrecherche, Simulationsstudie, Versuchsplanung und Validierung unter der Anleitung des/der Betreuer_in. Der Fortschritt des individuellen Projekts wird den Betreuer_innen und anderen Studierenden in Vorträgen präsentiert und die Ergebnisse des Projektes in einem wissenschaftlichen Abschlussbericht zusammengefasst. Zu Beginn erfolgt eine Einführung in das Projektmanagement für wissenschaftliche Forschungstätigkeiten und Hilfestellungen zur guten Praxis wissenschaftlichen Schreibens.

Die Leistungsbeurteilung erfolgt prüfungsimmanent aufgrund der Projektdurchführung, den Betreuungsgesprächen mit dem/der Betreuer_in und aufgrund des Abschlussberichts.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

9,0/6,0 VU Mechatronik und Instrumentierung Projekt

9,0/6,0 VU Automatisierung und Robotik Projekt

Es muss eine der beiden Lehrveranstaltungen gewählt werden.

Mechatronische Systeme

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage Grundlagen mechatronischer Systeme und die physikalischen Funktionsprinzipien von mechatronischen Komponenten und Teilsystemen sowie Grundprinzipien der Systemintegration zu erklären. Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung eines Systemverständnisses und des Zusammenwirkens unterschiedlicher Systemkomponenten und Teilsysteme. 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. Im Rahmen der Laborübung werden die theoretischen Grundlagen aus der Vorlesung an praktischen Beispielsystemen angewendet. Es wird der Aufbau einfacher mechatronischer Systeme durchgeführt, das dynamische Systemverhalten analysiert und in weiterer Folge gezielt beeinflusst.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können Studierende die erlernten Konzepte und Methoden auf praktische Aufgabenstellungen insbesondere im Bereich der mechatronischen Systeme anwenden. Sie können bestehende mechatronische Systeme technisch analysieren und evaluieren (Analyse und Evaluation), für eine gegebene Aufgabenstellung eine Auswahl der optimalen Komponenten und Funktionsprinzipien erarbeiten, sowie ein entsprechendes mechatronisches System auslegen und mit Hilfe von Softwarewerkzeugen optimieren (Synthese). Sie können einfache mechatronische Systeme praktisch realisieren und das dynamische Systemverhalten charakterisieren, analysieren und in weiterer Folge gezielt beeinflussen (Analyse, Synthese und Evaluation). Darüber hinaus haben Studierende die Fähigkeit, weiterführende Konzepte und Methoden sowie neue Entwicklungen zu mechatronischen Systemen zu bewerten und sich diese eigenständig anzueignen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: (1) alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachgebiet der Mechatronik zu analysieren und dafür Lösungen zu erarbeiten; (2) analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert zu denken; (3) ihr eigenes Handeln und die eigenen Fähigkeiten zu reflektieren sowie die Folgen ihres Handelns in fachlicher, ethischer und ökologischer Hinsicht abzuschätzen; (4) selbstverantwortlich und wissenschaftlich zu arbeiten; (5) im Fachbereich mechatronischer Systeme Wissen zu vermitteln, zu beraten, in interdisziplinären Teams effizient zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren

und wirksam zu präsentieren; (6) ihre Kompetenzen auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.

Inhalt:

- Analyse und Synthese mechatronischer Systeme
- Systems Engineering, Systemintegration und Systementwurf mechatronischer Systeme
- Dynamik von Positioniersystemen und deren Auslegung
- Nachgiebigkeit (compliance), Durchlässigkeit (transmissibility), Dämpfung
- Predictive Modelling, Sensor- und Aktuator-Integration, Phase Budgeting
- Computer Aided Design, Finite Elemente Simulation
- Null-Steifigkeits-Aktuation, Lorentzaktuator, Reluktanzaktuator, Linearmotor
- Duale Aktuation mit Folge-Aktuator, Piezoaktorik
- Analoge Elektronik, Leistungselektronik
- Messtechnik und Signalverarbeitung in der Mechatronik
- Sensoren in der Mechatronik, Dehnmessstreifen, Laserlichtzeiger, Encoder, Interferometer, kapazitive Sensoren, Beschleunigungsmessung (MEMS-basiert und Geophone)
- Servoproblem, Regelung und Steuerung mechatronischer Systeme, Iterative Learning Control
- Analyse und Propagation von Rauschquellen, Dynamic Error Budgeting (DEB)
- Beispiele komplexer mechatronischer Systeme aus der Hochtechnologie, Teleskopsysteme, adaptive Optik, Rastersondenmikroskopie, Nano-Lithographiesysteme (Wafer Scanner)
- Anwendung sämtlicher Methoden an konkreten Laborversuchen unter Verwendung moderner Softwarewerkzeuge und mechatronischer Systeme

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik, Antriebe, Elektronik und Messtechnik eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau wie die entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Empfohlen werden die Beherrschung und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik, Antriebe, Elektronik und Messtechnik eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Matlab/Simulink sind wünschenswert. Gute Beherrschung der englischen Sprache wird vorausgesetzt, da die Unterlagen in Englisch verfasst sind und die Vorlesung in englischer Sprache gehalten wird.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Selbstorganisation, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag und Diskussion über die methodischen Grundlagen der oben genannten Inhalte mit Folien- und Tafelunterstützung sowie praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse anhand von konkreten Übungen mit Hilfe moderner Softwarewerkzeuge, und anhand von Laborversuchen mit vorgefertigten Systemkomponenten und mechatronischen Versuchsaufbauten. Die Leistungsbeurteilung der VU Mechatronische Systeme erfolgt prüfungsimmanent während der Übungen und mit einer schriftlichen oder mündlichen Abschlussprüfung des Vorlesungsteils. Die Leistungsbeurteilung der LU Mechatronische Systeme Labor erfolgt prüfungsimmanent und setzt sich aus der Überprüfung der vorbereiteten Aufgaben mit mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen, der Mitarbeit während der Praktikumsübungen sowie dem abgegebenen Laborprotokoll zusammen.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

6,0/4,0 VU Mechatronische Systeme

3,0/2,0 LU Labor Mechatronische Systeme

Mikro- und Nanosystemtechnik

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: 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.

Inhalt: 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: Die Fähigkeit zum Verständnis aktueller Fragestellungen aus dem Bereich Mikro- und Nanosystemtechnik.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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: Eine Auswahl von drei dieser Lehrveranstaltungen ist zu absolvieren:

- 3,0/2,0 VU Simulation von Mikrosystemen
- 3,0/2,0 VO Mikro- und Nanosystemtechnik
- 3,0/2,0 VO Mikro- und Nanofluidik
- 3,0/2,0 SE Mikro- und Nanosensorik
- 3,0/2,0 SE Seminar Sensorik und Packaging
- 3,0/2,0 VU Nanoelectromechanical Systems
- 3,0/2,0 VO Theorie, Modellierung und Simulation mikro- und nanoelektromechanischer Systeme (MEMS/NEMS)

Network Security

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse zu Methoden zur Realisierung von Sicherheitsmaßnahmen in Kommunikationsnetzen, Konzepte der Kryptographie, Methoden der Anomalie-Erkennung.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Anwenden der theoretischen Kenntnisse in praktischen Laborübungen, Erfahrung im Umgang mit Software zur Erfassung und Analyse von Netzwerkverkehr, Umgang mit Methoden der Anomalie-Erkennung. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalt: 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 Netzwerkverkehr, 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 durch die Seminarteilnehmer.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: 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: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

3,0/2,0 VU Network Security

3,0/2,0 VU Network Security - Advanced Topics

3,0/2,0 SE Communication Network Seminar

Optimale Systeme - Embedded Systems

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: 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.

Inhalt: 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Der Inhalt der Lehrveranstaltungen Automatisierungstechnik sowie die erworbenen mathematischen Kenntnisse aus dem Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Technische Informatik werden vorausgesetzt.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Beherrschung der und Umgang mit den Methoden der Automatisierungstechnik sowie der höheren Mathematik aus dem Bachelor-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 Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik gelehrt wird, empfohlen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vor-

trag 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 Übungsteil 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:

3,0/2,0 VO Regelungssysteme

1,5/1,0 LU Regelungssysteme

4,5/3,0 VU Optimierung

Robot Vision

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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 Ergebnisse auf dem Gebiet erarbeiten. Die Studierenden üben und erwerben die Kritikfähigkeit an eigenen und an fremden Arbeiten. Die Studierenden erlernen Selbstorganisation und Eigenverantwortlichkeit zum eigenständigen Lösen von Aufgaben.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: (1) alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachgebiet dieses Moduls zu analysieren und dafür Lösungen zu erarbeiten; (2) analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert zu denken; (3) ihr eigenes Handeln und die eigenen Fähigkeiten zu reflektieren sowie die Folgen ihres Handelns in fachlicher, ethischer und ökologischer Hinsicht abzuschätzen; (4) selbstverantwortlich und wissenschaftlich zu arbeiten; (5) im Fachbereich dieses Moduls Wissen zu vermitteln, zu beraten, in interdisziplinären Teams effizient zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren und wirksam zu präsentieren; (6) ihre Kompetenzen auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.

Inhalt:

- Besonderheiten von Robotersehen als Erweiterung zu Computersehen
- Vertiefung der Kenntnisse in Robot Vision durch Ausarbeitung einer konkreten Fragestellung
- Selbständige Analyse des Stands der Technik
- Erarbeitung eines Lösungsvorschlags und der Implementierung eines Lösungsweges mit den betreuenden Assistent_innen
- Zusammenfassung der Ergebnisse in Form einer Publikation in IEEE-Format und Vortrag
- Aktive Teilnahme an eingeladenen Vorträgen von Experten aus dem Fachgebiet

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelor-Studiums Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt. Zusätzlich werden die Inhalte der Lehrveranstaltung Machine Vision aus dem Modul Machine Learning und Autonome Systeme vorausgesetzt.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Empfohlen werden die Beherrschung der und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Matlab/Python/C++ sind wünschenswert.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Selbstorganisation, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Erstellung einer 2-seitigen wissenschaftliche Publikation im IEEE-Format in Englisch sowie ein Kurzvortrag über die Ergebnisse und wissenschaftliche Durchführung

Lehrveranstaltungen des Moduls:

- 6,0/4,0 VU Robot Vision: Selected Topics
- 3,0/2,0 VU Robot Vision: Industry and Research

Signal Processing

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse und wesentliche Eigenschaften von linearen Operatoren im Hilbertraum, Unterraumtechniken 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 Kompetenzen: 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.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalt:

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:

1. diskrete und kontinuierliche Zufallsvariable, kumulative Verteilungsfunktion, Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, Transformation von Zufallsvariablen, bedingte Verteilungen,
2. Erwartungswerte und Momente, Charakteristische Funktion, Korrelation und Kovarianz,
3. statistische Unabhängigkeit, Orthogonalität und Unkorreliertheit,
4. Karhunen-Loeve-Zerlegung, Dekorrelation, Innovationsdarstellung,
5. MMSE-Schätzung (Wiener Filter), Zufallsprozesse, Stationarität, Mittelwert, Autokorrelationsfunktion, Zyklstationarität, Leistungsdichtespektrum, Effekt linearer Systeme,
6. Wold-Zerlegung, Markoffketten, ARMA-Prozesse, lineare Prädiktion.

Im Rahmen der angebotenen Übungen wird der theoretische Stoff anhand von Rechnungen und Programmieraufgaben vertieft.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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, der linearen Algebra und der Wahrscheinlichkeitsrechnung werden erwartet. Da die Lehrveranstaltungen in Englisch abgehalten werden, sind entsprechende Englischkenntnisse erforderlich.

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

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Selbstorganisation, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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 der Lehrveranstaltungsbetreuer_innen diskutiert. Die Leistungsbeurteilung ergibt sich aus der Leistung bei den Übungen, einem schriftlichen Prüfungsteil, und einer mündlichen Abschlussprüfung.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

4,5/3,0 VU Signal Processing 1

4,5/3,0 VU Signal Processing 2

Smart Grids aus Netzperspektive

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Ziel dieses Moduls ist es, ein tieferes Verständnis für die komplizierten Zusammenhänge innerhalb von Smart Grids zu vermitteln, d.h. über Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze und Kundenanlagen; über die populären Smart Grid Konzepts; über zentrale und dezentrale Architekturen; über die Unterschiede zwischen europäischen und nordamerikanischen Energieversorgungsnetzen; über die ganzheitliche Betrachtung von Smart Grids und der damit verbundenen Lösung einschließlich Energiegemeinschaften und Sektorintegration. Die Studierende lernen, sich in der wissenschaftlichen Literatur der Smart Grids zu orientieren. Darüber hinaus ist die Förderung der eigenen und kritischen Meinung der Studierenden ein zentrales Ziel dieses Moduls.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung der Lehrveranstaltung sind Studierende in der Lage, die komplizierten Abhängigkeiten innerhalb der Smart

Grids zu verstehen und zu bewerkstelligen. Sie lernen Smart Grids ganzheitlich zu behandeln. Studierende sind in der Lage, sich in der wissenschaftlichen Literatur der Smart Grids zu orientieren, eigene Meinung zu bilden und kritisch zu äußern. Durch die Erkennung von Grundprinzipien der verschiedenen Smart Grids Konzepten werden die Studierenden schnell in Smart Grids Projekten inklusive Projekten für die Integration der Energiesysteme effektiv arbeiten können.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: Alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachgebiet dieses Moduls zu analysieren und dafür Lösungen zu erarbeiten; Analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert zu denken; Ihr eigenes Handeln und die eigenen Fähigkeiten zu reflektieren, sowie die Folgen ihres Handelns in fachlicher, ethischer und ökologischer Hinsicht abzuschätzen; Selbstverantwortlich und wissenschaftlich zu arbeiten; Im Fachbereich dieses Moduls Wissen zu vermitteln, zu beraten, in interdisziplinären Teams effizient zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren und wirksam zu präsentieren; Ihre Kompetenzen auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.

Inhalt: Smart Grid aus Sicht des Netzes; Blindleistung Abhängigkeiten innerhalb der Smart Grids; Einführung in SCADA, EMS und DMS; Steuerung, Primär- und Sekundärregelung in Energieversorgungsnetze; Grid Codes; Integration verteilter Erzeugung und Speicherung; Unterschiede zwischen europäischen und nordamerikanischen Energieversorgungsnetzen; Fraktalen Prinzipien in Smart Grids; Zentrale und dezentrale Smart-Grid-Architekturen; Ganzheitlicher Ansatz von Energiesystemen; Smart Grids Design nach fraktalen Prinzipien; Unterschiedliche Betriebsprozesse, wie z.B. Volt/var-Management und Steuerung/Regelung, Load Generation Balance, Demand Response usw; Integration der Energiesysteme; Energiegemeinschaften; Bekannte Konzepte für intelligente Netze wie Virtual Power Plants, Microgrids, und so weiter.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Gute Kenntnisse der Grundlagen der Elektrotechnik, Kraftwerke, Regenerative Energiesysteme und Energieübertragung und -verteilung.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Empfohlen werden die Beherrschung der und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Physik. Grundlagen der Elektrotechnik und Energieversorgung.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Selbstorganisation, Teamarbeit, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

Verpflichtende Voraussetzungen: Gängiges Bachelor-Studium der Ingenieurwissenschaften.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vorlesung mit Übungsbeispielen und Studenten Zentrierte Methode, Tafelanschrieb und Präsentationsfolien, Diskussion der physikalischen Grundlagen, Anwendungen und Abhängigkeiten in Smart Grids. Die Leistungsbeurteilung erfolgt durch mündliche Prüfung, Mitarbeit, Präsentation und Berichterstellung.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

4,5/3,0 VU Smart Grids aus Netzperspektive

4,5/3,0 SE Seminar Smart Grids

Es wird empfohlen, die Lehrveranstaltungen in der angegebenen Reihenfolge zu absolvieren.

Systems on Chips Engineering

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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.

Inhalt: 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fertigkeiten aus dem Bereich Hardware- und Softwareentwurf, Modellierung, Synthese und Simulation von Hardware mit HDL und FPGAs.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Schriftliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Praktische Realisierung von SoCs in Simulationsumgebungen und in FPGAs.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

3,0/2,0 VU SoC Architektur und Design

6,0/4,0 UE Labor SoC Design

Systems on Chips - Vertiefung

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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, sowie Testbarkeit und Testen eines ICs angewandt.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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.

Inhalt: 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse aus den Bereichen digitale Schaltungen, Hardwareentwurf mit HDL, Rechnerarchitektur, SoC Entwurf, FPGAs, und Softwareentwurf.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fertigkeiten aus dem Bereich Hardware- und Softwareentwurf, Modellierung, Synthese und Simulation von Hardware mit VHDL und FPGAs.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

3,0/2,0 SE SoC Design Seminar

6,0/4,0 PR SoC Vertiefung

Technologie und Materialien

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Bildungsziele sind die Kenntnis der Materialien, der Schlüsselprozesse und der Technologiefamilien für die Fertigung moderner Struk-

turen, Komponenten und Bauelemente der Nanoelektronik, Photonik und Mikrosystemtechnik, die Kenntnis der zugrundeliegenden physikalischen, chemischen und mathematischen Eigenschaften sowie der physikalischen, chemischen und elektrischen Charakterisierungsmethodiken.

Kognitive und praktische Kompetenzen: 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 sensorisch-aktuatorischer Strukturen, Komponenten und Bauelemente. Die Fähigkeit, eigenständig Konzepte für elektronische, photonische und sensorisch-aktuatorische Strukturen, Komponenten und Bauelemente zu entwickeln, prozesstechnisch umzusetzen und zu charakterisieren. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt

Inhalt: Das Modul Technologie und 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 Schichterzeugung 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Fachliche und methodische Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder der technischen Physik.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Verständnis für anwendungsbezogenen Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

3,0/2,0 VO Materialien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik
3,0/2,0 VO Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der
Mikrosystemtechnik
3,0/2,0 UE Technologie-Labor

Zuverlässigkeit Mikroelektronik

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Zu den Bildungszielen gehört die grundlegende Erkenntnis, dass in den Grundlagenfächern idealisierte Bauelemente behandelt werden. Reale Bauelemente unterscheiden sich in mehrerlei 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 Kompetenzen: Die fundierten Kenntnisse, die in diesem Modul vermittelt werden, ermöglichen ein Zurechtfinden in der aktuellen Literatur und den sich ständig ändernden Modellvorstellungen. Die gebotenen Lehrinhalte befähigen zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen auf den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis.

Inhalt: 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Kompetenzen: Verständnis für anwendungsbezogene Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: 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:

3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Bauelemente

3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Prozess

3,0/2,0 SE Mikroelektronik Zuverlässigkeit

B. Lehrveranstaltungstypen

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

LU: Laborübungen sind Lehrveranstaltungen, in denen Studierende in Gruppen unter Anleitung von Betreuer_innen 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.

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.

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 (Universitätslehrer_innen sowie Tutor_innen) zu lösen. Übungen können auch mit Computerunterstützung durchgeführt werden.

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.

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

C. Übergangsbestimmungen

1. Sofern nicht anders angegeben, wird im Folgenden unter Studium das *Masterstudium Embedded Systems (Studienkennzahl UE 066 504)* verstanden. Der Begriff neuer Studienplan bezeichnet diesen ab 1.10.2023 für dieses Studium an der Technischen Universität Wien gültigen Studienplan und alter Studienplan den bis dahin gültigen. Entsprechend sind unter neuen bzw. alten Lehrveranstaltungen solche des neuen bzw. alten Studienplans zu verstehen. Mit studienrechtlichem Organ ist das für das *Masterstudium Embedded Systems* zuständige studienrechtliche Organ an der Technischen Universität Wien gemeint.
2. Die Übergangsbestimmungen gelten für Studierende, die den Studienabschluss gemäß neuem Studienplan an der Technischen Universität Wien einreichen und die vor dem 1.7.2023 zum *Masterstudium Embedded Systems* an der Technischen Universität Wien zugelassen waren. Das Ausmaß der Nutzung der Übergangsbestimmungen ist diesen Studierenden freigestellt.
3. Auf Antrag der_des Studierenden kann das studienrechtliche Organ die Übergangsbestimmungen individuell modifizieren oder auf nicht von Absatz 2 erfasste Studierende ausdehnen.
4. Zeugnisse über Lehrveranstaltungen, die inhaltlich äquivalent sind, können nicht gleichzeitig für den Studienabschluss eingereicht werden. Im Zweifelsfall entscheidet das studienrechtliche Organ über die Äquivalenz.
5. Zeugnisse über alte Lehrveranstaltungen können für den Studienabschluss verwendet werden, wenn die Lehrveranstaltung von der_dem Studierenden mit Stoffsemester Sommersemester 2023 oder früher absolviert wurde.
6. Überschüssige ECTS-Punkte aus den Pflichtmodulen können als Ersatz für zu erbringende Leistungen in Wahlmodulen sowie als Freie Wahlfächer und/oder Transferable Skills verwendet werden. Überschüssige ECTS-Punkte aus den Wahlmodulen können als Ersatz für zu erbringende Leistungen in den Freien Wahlfächern und/oder Transferable Skills verwendet werden.
7. Fehlen nach Anwendung der Bestimmungen aus den Äquivalenzlisten ECTS-Punkte zur Erreichung der notwendigen 120 ECTS-Punkte für den Abschluss des Masterstudiums, so können diese durch noch nicht verwendete Lehrveranstaltungen aus den Wahlmodulen und/oder Freien Wahlfächern und Transferable Skills im notwendigen Ausmaß abgedeckt werden.
8. Bisher geltende Übergangsbestimmungen bleiben bis auf Widerruf weiterhin in Kraft.

In Ergänzung dazu gelten folgende Bestimmungen.

i Das Wahlmodul *Materials and Electronics Technology* wird durch das neue Wahlmodul *Integration und Technologien Hochintegrierter Systeme* ersetzt. Dabei gilt:

- a) Jede der Lehrveranstaltungen des Moduls *Materials and Electronics Technology*, also 3,0/2,0 UE Werkstofftechnologie, 3,0/2,0 SE Seminar Materials Science, 3,0/2,0 PR Materialwissenschaftliche Aspekte, 3,0/2,0 VU Technologie elektronischer Baugruppen und 3,0/2,0 SE Technologie elektronischer Baugruppen kann für das Modul *Integration und Technologie hochintegrierter Systeme* anerkannt werden.
- b) Jede der Lehrveranstaltungen des Moduls *Integration und Technologie hochintegrierter System*, also 3,0/2,0 UE Labor Mikroelektronik-Technologie 3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente und 3,0/2,0 Seminar 3D- und Hybride- Integrationstechniken SE, kann für das Modul *Materials and Electronics Technology* anerkannt werden.

ii Das Vertiefungspflichtmodul *Machine Learning und Autonome Systeme* wird durch das Vertiefungspflichtmodul *Machine Vision in Embedded Systems* ersetzt. Dabei gelten folgende Äquivalenzen:

Studienplan Alt	Studienplan Neu
4,5/3,0 VU Machine Learning	4,5/3,0 VU Robot Vision for Embedded Systems: Selected Topics
3,0/2,0 VO Automatisierung und Steuerungssysteme	4,5/3,0 VU Robot Vision for Embedded Systems: Selected Topics
6,0/4,0 VU Machine Vision and Cognitive Robotics	4,5/3,0 VU Machine Vision

iii Das Vertiefungspflichtmodul *Smart Grids* wird durch das Vertiefungspflichtmodul *Informationstechnik in Smart Grids* ersetzt. Dabei gelten folgende Äquivalenzen:

Studienplan Alt	Studienplan Neu
3,0/2,0 VO Smart Grids	3,0/2,0 VU Informationstechnik in Smart Grids
3,0/2,0 VO Energiesysteme und Netze	3,0 Freies Wahlfach
3,0/2,0 UE Labor Smart Grids	6,0/4,0 PR Praktikum Smart Grids

iv Das Wahlmodul *Smart Grids Vertiefung* wird durch das Wahlmodul *Smart Grids aus Netzperspektive* ersetzt. Dabei gilt folgende Äquivalenz:

Studienplan Alt	Studienplan Neu
4,5/3,0 VU Smart Grids Vertiefung	4,5/3,0 VU Smart Grids aus Netzperspektive

D. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

mit Anpassungsmodul Grundlagen Informatik:

1. Semester (WS) 30 ECTS

3,0/2,0 VU Digitale Integrierte Schaltungen
3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen
1,5/2,0 VO Betriebssysteme für Elektrotechnik
22,5 Vertiefungspflichtmodule

2. Semester (SS) 30 ECTS

3,0/2,0 UE Labor Digitale Integrierte Schaltungen
oder
3,0/2,0 UE Labor Analoge Integrierte Schaltungen
4,5/3,0 VU Embedded Systems in FPGAs
4,5/3,0 VU Machine Learning
1,5/2,0 VO Echtzeitsysteme für Elektrotechnik
3,0/3,0 VU Dependable Systems
3,0/2,0 VU Einführung in Theoretische Informatik und Logik
4,5 Vertiefungspflichtmodule
6,0 Wahlmodule

3. Semester (WS) 30 ECTS

21,0 Wahlmodule
9,0 Freie Wahlfächer und Transferable Skills

4. Semester (SS) 30 ECTS

30,0 Diplomarbeit

mit Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik:

1. Semester (WS) 30 ECTS

3,0/2,0 VU Digitale Integrierte Schaltungen
3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen
6,0 - 9,0 Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik
15,0 - 18,0 Vertiefungspflichtmodule

2. Semester (SS) 30 ECTS

3,0/2,0 UE Labor Digitale Integrierte Schaltungen
oder
3,0/2,0 UE Labor Analoge Integrierte Schaltungen
4,5/3,0 VU Embedded Systems in FPGAs
4,5/3,0 VU Machine Learning
0,0 - 3,0 Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik
6,0 - 9,0 Vertiefungspflichtmodule
9,0 Wahlmodule

3. Semester (WS) 30 ECTS

3,0 Vertiefungspflichtmodule
18,0 Wahlmodule
9,0 Freie Wahlfächer und Transferable Skills

4. Semester (SS) 30 ECTS

30,0 Diplomarbeit

E. Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen

Prüfungsfach „Pflichtmodule“ (27,0 ECTS)

Modul „Anpassungsmodul Grundlagen Elektrotechnik“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Halbleiterphysik für Informatik
3,0/2,0 VO Photonik 1
3,0/2,0 VO Sensorik und Sensorsysteme
3,0/3,0 VU Schaltungstechnik
3,0/3,0 VO Energieversorgung
3,0/3,0 VO Elektronische Bauelemente für Informatik

Modul „Anpassungsmodul Grundlagen Informatik“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Einführung in Theoretische Informatik und Logik
1,5/2,0 VO Betriebssysteme für Elektrotechnik
1,5/2,0 VO Echtzeitsysteme für Elektrotechnik
3,0/3,0 VU Dependable Systems

Modul „Design hochintegrierter Schaltungen“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen
3,0/2,0 VU Digitale Integrierte Schaltungen
3,0/2,0 UE Labor Analoge Integrierte Schaltungen
3,0/2,0 UE Labor Digitale Integrierte Schaltungen

Modul „Embedded Systems Core“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Machine Learning
4,5/3,0 VU Embedded Systems in FPGAs

Prüfungsfach „Vertiefungspflichtmodule“ (27,0 ECTS)

Modul „Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 SE Seminar Mixed-Signal ICs
6,0/4,0 VU Schaltungstechnik Vertiefung

Modul „Bauelemente und Systeme – Vertiefung“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Sensorik
3,0/2,0 VO Aktorik
3,0/2,0 UE Labor Mikrosystemtechnik

Modul „Communication Networks“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VO Communication Network 1
4,5/3,0 VU Communication Network 2

Modul „Formale Methoden“ (9,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Formale Methoden der Informatik
3,0/2,0 VU Computer-Aided Verification
3,0/2,0 VU Hybrid Systems

Modul „Informationstechnik in Smart Grids“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Informationstechnik in Smart Grids
6,0/4,0 PR Praktikum Smart Grids

Modul „Intelligente Autonome Systeme“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Robot Learning
4,5/3,0 VU Weiterführende Methoden des Robot Learnings

Modul „Machine Vision in Embedded Systems“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Machine Vision
4,5/3,0 VU Robot Vision for Embedded Systems: Selected Topics

Modul „Systems on Chips Engineering“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU SoC Architektur und Design
6,0/4,0 UE Labor SoC Design

Prüfungsfach „Wahlmodule“ (27,0 ECTS)**Modul „Advanced analog ICs“ (9,0 ECTS)**

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

Modul „Algorithmik“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Approximation Algorithms
5,0/3,0 VO Analysis of Algorithms
4,0/2,0 UE Analysis of Algorithms
3,0/2,0 VU Algorithmic Geometry
6,0/4,0 VU Algorithms Design
3,0/2,0 VU Algorithms in Graph Theory
6,0/4,0 VU Algorithmics
3,0/2,0 SE Seminar aus Algorithmik
4,5/3,0 VU Dependable Distributed Systems
6,0/4,0 VU Distributed Algorithms
3,0/2,0 VU Discrete Reasoning Methods
3,0/2,0 VU Efficient Algorithms
3,0/2,0 VU Heuristic Optimization Techniques
3,0/2,0 VO Inductive Rule Learning
4,5/3,0 VU Machine Vision

3,0/2,0 VU Mathematical Programming
3,0/2,0 VU Modeling and Solving Constrained Optimization Problems
3,0/2,0 VU Networks: Design and Analysis
3,0/2,0 VU Optimization in Transport and Logistics
3,0/2,0 VU Parallele Algorithmen
3,0/2,0 VU Problem Solving and Search in Artificial Intelligence
3,0/2,0 VU Rigorous Systems Engineering
3,0/2,0 VU Real-Time Scheduling

Modul „Computer Vision“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU 3D Vision
3,0/2,0 UE 3D Vision
3,0/2,0 VO Videoverarbeitung
3,0/2,0 UE Videoverarbeitung

Modul „Emerging Devices“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Zukünftige Speicher und Logikelemente
3,0/2,0 VO Neuartige nano- und optoelektronische Bauteile
3,0/2,0 SE Emerging Devices
3,0/2,0 SE Mikro- und nanoelektronische und optische Bauelemente
3,0/2,0 SE Emerging Devices in Power Applications

Modul „Formale Methoden - Vertiefung“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 UE Computer-Aided Verification
6,0/4,0 VU Software Model Checking
3,0/2,0 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
4,5/3,0 VU Semantik von Programmiersprachen
3,0/2,0 VU Analyse und Verifikation
3,0/2,0 VO Typsysteme
3,0/2,0 VU SAT Solving and Extensions
3,0/2,0 LU Hybrid Systems
3,0/2,0 VU Computer-Aided Verification
3,0/2,0 VU Hybrid Systems

Modul „HW/SW CoDesign“ (9,0 ECTS)

1,5/1,5 VU HW/SW Codesign
4,5/3,0 LU HW/SW Codesign
3,0/2,0 VO Codegeneratoren

Modul „Industrielle Kommunikations- und Sensornetzwerke“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Industrielle Kommunikationstechnik
6,0/4,0 PR Sensornetzwerke

Modul „Integration und Technologien Hochintegrierter Systeme“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 UE Labor Mikroelektronik-Technologie
3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente
3,0/2,0 SE Seminar 3D- und Hybride- Integrationstechniken
3,0/2,0 VU Materialien, Prozesse und Technologien der Mikroelektronik

Modul „Mathematische Methoden“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VO Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation
4,5/3,0 UE Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation

Modul „Mechatronik und Robotik Projekt“ (9,0 ECTS)

9,0/6,0 VU Mechatronik und Instrumentierung Projekt
9,0/6,0 VU Automatisierung und Robotik Projekt

Modul „Mechatronische Systeme“ (9,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Mechatronische Systeme
3,0/2,0 LU Labor Mechatronische Systeme

Modul „Mikro- und Nanosystemtechnik“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Simulation von Mikrosystemen
3,0/2,0 VO Mikro- und Nanosystemtechnik
3,0/2,0 VO Mikro- und Nanofluidik
3,0/2,0 SE Mikro- und Nanosensorik
3,0/2,0 SE Seminar Sensorik und Packaging
3,0/2,0 VU Nanoelectromechanical Systems
3,0/2,0 VO Theorie, Modellierung und Simulation mikro- und nanoelektromechanischer Systeme (MEMS/NEMS)

Modul „Network Security“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Network Security
3,0/2,0 VU Network Security - Advanced Topics
3,0/2,0 SE Communication Network Seminar

Modul „Optimale Systeme - Embedded Systems“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Regelungssysteme
1,5/1,0 LU Regelungssysteme
4,5/3,0 VU Optimierung

Modul „Robot Vision“ (9,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Robot Vision: Selected Topics
3,0/2,0 VU Robot Vision: Industry and Research

Modul „Signal Processing“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Signal Processing 1
4,5/3,0 VU Signal Processing 2

Modul „Smart Grids aus Netzperspektive“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Smart Grids aus Netzperspektive

4,5/3,0 SE Seminar Smart Grids

Modul „Systems on Chips - Vertiefung“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 SE SoC Design Seminar

6,0/4,0 PR SoC Vertiefung

Modul „Technologie und Materialien“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Materialien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik

3,0/2,0 VO Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der
Mikrosystemtechnik

3,0/2,0 UE Technologie-Labor

Modul „Zuverlässigkeit Mikroelektronik“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Bauelemente

3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Prozess

3,0/2,0 SE Mikroelektronik Zuverlässigkeit

Prüfungsfach „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“ (9,0 ECTS)

Modul „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“ (9,0 ECTS)

Prüfungsfach „Diplomarbeit“ (30,0 ECTS)

27,0 ECTS Diplomarbeit

3,0 ECTS Kommissionelle Abschlussprüfung