TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

Bachelor

Master

Doktorat

Universitäts-lehrgang

Studienplan (Curriculum)
für das

Masterstudium

Embedded Computing Systems

UE 066 525

Technische Universität Wien
Beschluss des Senats der Technischen Universität Wien
am 11. Mai 2026

Gültig ab 1. Oktober 2026

Inhaltsverzeichnis

§ 1 Grundlage und Geltungsbereich 3

§ 2 Qualifikationsprofil 3

§ 3 Dauer und Umfang 4

§ 4 Zulassung zum Masterstudium 5

§ 5 Aufbau des Studiums 6

§ 6 Lehrveranstaltungen 14

§ 7 Prüfungsordnung 17

§ 8 Studierbarkeit und Mobilität 19

§ 9 Diplomarbeit 20

§ 10 Akademischer Grad 20

§ 11 Qualitätsmanagement 20

§ 12 Inkrafttreten 23

§ 13 Übergangsbestimmungen 23

A Modulbeschreibungen 24

B Übergangsbestimmungen 67

C Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen 68

D Semesterempfehlung für schiefeinsteigende Studierende 69

E Prüfungsfächer mit den zugeordneten Modulen und Lehrveranstaltungen 70

F Wahlfachkatalog „Transferable Skills“ 76

G Erweiterungsstudium Innovation 77

§ 1 Grundlage und Geltungsbereich

Der vorliegende Studienplan definiert und regelt das ingenieurwissenschaftliche, englischsprachige Masterstudium *Embedded Computing Systems* an der Technischen Universität Wien. Es 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 des Studiums orientieren sich an folgendem Qualifikationsprofil (§2).

§ 2 Qualifikationsprofil

Das Masterstudium *Embedded Computing Systems* vermittelt eine breite, wissenschaftlich und methodisch hochwertige und auf dauerhaftes Wissen ausgerichtete Ausbildung mit dem Fokus auf Circuit Design, Embedded Systems und Cyber-Physical Systems und deren Anwendungsgebieten und verfolgt das Ziel, die Absolvent_innen für den internationalen Arbeitsmarkt konkurrenzfähig zu machen und zur eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit zu befähigen.

Das Masterstudium *Embedded Computing Systems* ist primär der Integration von Informatik und Elektrotechnik gewidmet und wendet sich daher insbesondere an Absolvent_innen der Bachelorstudien Technische Informatik sowie Elektrotechik und Informationstechnik der TU Wien und vergleichbaren Studien. Die konkreten Inhalte werden, aufbauend auf einigen wenigen zentralen Grundlagenfächern, hauptsächlich durch die individuelle Wahl von mindestens einer Core Area und einer weiteren Core oder Extension Area vermittelt:

Core Areas:

- Circuit Design
- Verification and Validation
- Computing, Networking and Systems
- Cyber-Physical Systems

Extension Areas:

- Devices and Integrated Circuits
- Automation and Robotics
- Digital Signal Processing

Jede dieser Core/Extension Areas besteht aus einem Katalog von Vertiefungspflichtmodulen und einem Katalog von Wahlmodulen.

Das Masterstudium *Embedded Computing Systems* macht seine Absolvent_innen sowohl für die Höherqualifizierung im Rahmen eines facheinschlägigen Doktoratsstudiums als auch für die Tätigkeit in beispielsweise folgenden Berufsfeldern international konkurrenzfähig:

- Analog and mixed-signal circuit designer

- Digital circuit and systems-on-chip designer
- Embedded software engineer
- Embedded machine learning engineer
- Embedded digital signal processing engineer
- Embedded automation systems software developer
- Cyber-physical systems engineer
- Autonomous systems engineer
- Test and verification engineer
- Design automation and verification tool developer

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

Fachkompetenzen

- Beherrschung vertiefender Grundlagen und Fähigkeit zur Anwendung von Methoden der Informatik, Mathematik und Elektrotechnik
- Beherrschung vertiefender Grundlagen und Fähigkeit zur Anwendung von Methoden in den Kerngebieten von Embedded Computing Systems
- Beherrschung vertiefender Grundlagen und Fähigkeit zur Anwendung von Methoden in relevanten Anwendungsgebieten
- Wissenschaftlich fundierte Systemanalyse
- Integrative Sichtweise ("Denken in Systemen")
- Fähigkeit zur Auswahl und Anwendung geeigneter Methoden zur Modellbildung und Abstraktion, Lösungsfindung und Evaluation
- Fähigkeit zur inkrementellen Erweiterung existierender Grundlagen und Methoden für die Modellbildung, Lösungsfindung und kritischen Evaluation in einem interdisziplinären Umfeld

Überfachliche Kompetenzen

- Fähigkeit zur umfassende und präzise schriftliche Dokumentation von Lösungen
- Fähigkeit zu überzeugenden Präsentationen und Vorträgen
- Kreativität und Innovationskompetenz
- Neugierde, Eigeninitiative, Ausdauer, Flexibilität
- Selbstorganisation und Eigenverantwortlichkeit
- Teamfähigkeit
- Fähigkeit zur Technikfolgenabschätzung

§ 3 Dauer und Umfang

Der Arbeitsaufwand für das Masterstudium *Embedded Computing 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 Computing 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. Generell kommt ein Bachelorstudium fachlich in Frage, wenn es mindestens 120 ECTS an Mathematik-, Informatik- und Elektrotechnik-Inhalten enthält, und dabei Kompetenzen auf einem mit der TU Wien vergleichbaren Niveau und im angegebenen Mindestausmaß vermittelt:

	ECTS	**Gebiet**
1.	≥ 24	*Mathematik (Algebra + Analysis + Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik)*
2.	≥ 12	*Programmierung (Hochsprachen + systemnahes Programmieren)*
3.	≥ 16	*Elektrot. Grundl. (Bauelemente + Schaltungs- und Meßtechnik + Signale und Systeme)*
4.	≥ 10	*Digitale Systeme (Hardware-Entwurf + Rechnerarchitekturen + Mikrocomputer)*

Fachlich in Frage kommend sind daher insbesondere das Bachelorstudium *Technische Informatik*[1] und das Bachelorstudium *Elektrotechnik und Informationstechnik*[2] an der TU Wien erfüllt, deren entsprechende Module/Lehrveranstaltungen daher als Maßstab für die erwarteten Kompetenzen herangezogen werden können.

Zum Ausgleich wesentlicher fachlicher Unterschiede können Ergänzungsprüfungen im Ausmaß von maximal 30 ECTS-Punkten vorgeschrieben werden, die bis zum Ende des zweiten Semesters des Masterstudiums abzulegen sind. Allfällige Zulassungsauflagen und Leistungen zum Erwerb der für Ergänzungsprüfungen erforderlichen Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen können, im Ausmaß von bis zu 9 ECTS, im Rahmen der Anpassungsmodule und, im Ausmaß von bis zu 4,5 ECTS, im Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* als freie Wahlfächer (jedoch nicht als Transferable Skills) verwendet werden.

---

[1] Die angegebenen Voraussetzungen werden von den folgenden Modulen bzw. Lehrveranstaltungen des Bachelorstudiums *Technische Informatik* erfüllt:
1. *Analysis + Analysis 2 + Algebra und Diskrete Math. + Wahrscheinlichkeitsth. und Stoch. Prozesse*
2. *Einführung in die Programmierung + Betriebssysteme*
3. *Elektrotechnische Grundlagen + Signale und Systeme*
4. *Digitales Design und Rechnerarchitekturen + Mikrocomputer*

[2] Die angegebenen Voraussetzungen werden von den folgenden Modulen bzw. Lehrveranstaltungen des Bachelorstudiums *Elektrotechnik und Informationstechnik* erfüllt:
1. *Mathematik*
2. *Programmieren*
3. *Elektrotechnik 1 + Zeitkontinuierliche Signale und Systeme + Zeitdiskrete Signale und Systeme*
4. *Digitale Systeme und Mikrocomputer*

Die Unterrichtssprache ist Englisch. Studienwerber_innen, deren Erstsprache nicht Englisch ist, haben die erforderlichen Sprachkenntnisse nachzuweisen. Die Form des Nachweises ist in einer Verordnung des Rektorats festgelegt.

Manche Wahllehrveranstaltungen können auf Deutsch angeboten werden. Daher werden Deutschkenntnisse nach 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 Computing Systems* gliedert sich in nachstehende Prüfungsfächer mit den ihnen zugeordneten Modulen. Diese sind *"Basics"*, *"Freie Wahlfächer und Transferable Skills"* und *"Diplomarbeit"* sowie die vier Core Areas *"Circuit Design"*, *"Verification and Validation"*, *"Computing, Networking and Systems"*, *"Cyber-Physical Systems"* und die drei Extension Areas *"Devices and Integrated Circuits"*, *"Automation and Robotics"*, *"Digital Signal Processing"*.

Aus den Core und Extension Areas sind mindestens zwei Areas zu wählen, davon mindestens eine Core Area. Aus jeder gewählten Area müssen mindestens 9 ECTS an Wahlpflichtmodulen positiv absolviert werden. Weiters müssen in den zwei gewählten Areas jeweils mindestens 12 ECTS an Wahlmodulen oder zusätzlichen Wahlpflichtmodulen (inklusive eines eventuellen ECTS-Überhangs aus den für die verpflichtenden 9 ECTS gewählten Wahlpflichtmodulen) positiv absolviert werden. Falls in einer gewählten Core Area mehr als 36 ECTS an Wahlpflicht- oder Wahlmodulen absolviert werden, wird diese Area als *Major Area* im Abschlußzeugnis ausgewiesen.

Das Prüfungsfach *Basics* besteht aus Pflichtmodulen im Umfang von 15 ECTS, einem Wahlmodul *Verbreiterung* und den beiden optionalen Anpassungsmodulen *Grundlagen der Elektrotechnik* und *Grundlagen der Informatik*. Von den in den Anpassungsmodulen enthaltenen Lehrveranstaltungen aus den Bachelorstudien *Elektrotechnik und Informationstechnik* bzw. *Technische Informatik* (oder eventuell individuell vorgeschriebenen Auflagen für die Studienzulassung) können bis zu 9 ECTS für den Studienabschluss im Masterstudium *Embedded Computing Systems* im Rahmen der Anpassungsmodule verwendet werden, soferne keine inhaltlich vergleichbaren Lehrveranstaltungen in einem vorhergehenden Studium absolviert wurden. Daher dürfen insbesondere Absolvent_innen des Bachelorstudiums *Elektrotechnik und Informationstechnik* keine Module aus dem An-

passungsmodul *Grundlagen der Elektrotechnik* für den Studienabschluß verwenden, und Absolvent_innen des Bachelorstudiums *Technische Informatik* keine Module aus dem Anpassungsmodul *Grundlagen der Informatik*.

Zusätzliche Wahlmodule können, unter Beachtung allfälliger Voraussetzungen, beliebig aus allen Core- und Extension Areas und aus dem Wahlmodul *Verbeiterung* im Prüfungsfach *Basics* gewählt werden, sodass zusammen mit der Diplomarbeit und den 9 ECTS an Wahlfächern aus dem Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* mindestens 120 ECTS erreicht werden. Allerdings müssen in den Wahlmodulen enthaltene zusammengehörende VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluss verwendet werden zu können; im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen. Seminare, Praktika und Projektarbeiten können höchstens einmal gewählt werden. Überschüssige ECTS-Punkte aus den Wahlpflicht- und Wahlmodulen können als Ersatz für zu erbringende Leistungen in dem Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* verwendet werden. Es sind aber aus dem Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* mindestens 4,5 ECTS aus dem Bereich der Transferable Skills positiv zu absolvieren. Werden in anderen Modulen bereits Lehrveranstaltungen aus dem Bereich der Transferable Skills absolviert, so reduziert sich im gleichen Ausmaß der Umfang der im Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* zu absolvierenden ECTS aus dem Bereich der Transferable Skills.

Die im folgenden mit einem Stern (*) markierten Module sind Wahlmodule, die mit einem Plus (+) markierten Module sind *Wahlpflichtmodule*. Die unmarkierten Module sind Pflichtmodule.

Basics

Discrete Mathematics (6,0 ECTS)
Advanced Computer Architecture (6,0 ECTS)
Responsible Research Practice (3,0 ECTS)
*Anpassungsmodul Grundlagen der Elektrotechnik
*Anpassungsmodul Grundlagen der Informatik
*Wahlmodul Verbreiterung

Circuit Design (Core Area)

+HW/SW-Codesign (6.0 ECTS)
+Analoge Integrierte Schaltungen (3,0 ECTS)
*Wahlmodul Design of Digital Circuits and SoCs
*Wahlmodul Analog and Mixed-Signal Circuit Design

Verification and Validation (Core Area)

+Formal Methods in Systems Engineering (6,0 ECTS)
+Advanced Software Engineering (6,0 ECTS)

*Wahlmodul Formal Methods
*Wahlmodul Validation Methods

Computing, Networking and Systems (Core Area)

+Advanced Multiprocessor Programming (4,5 ECTS)
+Communication Networks 1 (4,5 ECTS)
*Wahlmodul Networks and IoT
*Wahlmodul Advanced Programming

Cyber-Physical Systems (Core Area)

+Stochastische Grundlagen von Cyber-Physical Systems (6 ECTS)
+Regelungssysteme (4,5 ECTS)
*Wahlmodul CPS Basics
*Wahlmodul Control and Learning
*Wahlmodul CPS Applications

Devices and Integrated Circuits (Extension Area)

+Integrated Devices (3,0 ECTS)
+Microsystems (3,0 ECTS)
+Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik (3,0 ECTS)
*Wahlmodul Microsystems Engineering
*Wahlmodul Integrated Electronic Devices and Technology

Digital Signal Processing (Extension Area)

+Signal Processing (9,0 ECTS)
*Wahlmodul Advanced Signal Processing

Automation and Robotics (Extension Area)

+Information Technology in Automation (6 ECTS)
+Mobile Robotics (6,0 ECTS)
+Machine Vision (4,5 ECTS)
*Wahlmodul Automation Systems
*Wahlmodul Mobile Robotics
*Wahlmodul Computer Vision

Freie Wahlfächer und Transferable Skills

Freie Wahlfächer und Transferable Skills (9,0 ECTS)

Diplomarbeit

Siehe Abschnitt § 9.

Kurzbeschreibung der Module

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

Advanced Computer Architecture (6,0 ECTS) Dieses Modul führt in weiterführende Inhalte auf dem Gebiet der Rechnerarchitektur ein, wobei folgende Themengebiete im Mittelpunkt stehen: Komplexe Pipeline Features von superskalaren und VLIW Prozessoren, Multi-threading, Fortschrittliche Multi-Core und On-chip Interconnect Konzepte, Beschleunigerentwurf mit High-level Synthese, heterogene Systeme und Einführung in neue Technologien (Neuromorphic computing, in-memory computing).

Advanced Software Engineering (6,0 ECTS) Reliability issues in modern software often result in significant financial losses or system downtime, thereby affecting millions of users. This course discusses in detail fundamental techniques for ensuring the reliability of large, complex software systems. Such techniques are heavily used in practice and range from static program analysis and verification to automated test generation. The course also focuses on applications of these techniques to different, popular domains, such as smart contracts and machine-learning models.

Analoge Integrierte Schaltungen (3,0 ECTS) Die Beherrschung der analogen integrierten Schaltungen ist auch für viele Fragestellungen in Embedded Systems und insbesondere für den Entwurf von ICs unerlässlich. Dieses Modul vermittelt ferner die analytischen Grundlagen zur Dimensionierung analoger integrierter Schaltungen sowie die Methoden zu ihrer Modellierung.

Anpassungsmodul Grundlagen der Elektrotechnik Dieses Modul enthält Lehrveranstaltungen aus dem Bachelorstudium *Elektrotechnik und Informationstechnik*, oder Lehrveranstaltungen mit vergleichbaren Inhalten, die von Studierenden aus anderen Bachelorstudien zwecks Erwerb der erforderlichen Voraussetzungen für manche Lehrveranstaltungen des Masterstudiums *Embedded Computing Systems* (in beschränktem Ausmaß) frei gewählt werden können.

Anpassungsmodul Grundlagen der Informatik Dieses Modul enthält Lehrveranstaltungen aus dem Bachelorstudium *Technische Informatik*, oder Lehrveranstaltungen mit vergleichbaren Inhalten, die von Studierenden aus anderen Bachelorstudien zwecks Erwerb der erforderlichen Voraussetzungen für manche Lehrveranstaltungen des Masterstudiums *Embedded Computing Systems* (in beschränktem Ausmaß) frei gewählt werden können.

Advanced Multiprocessor Programming (4,5 ECTS) Dieses Modul bietet eine Einführung in die Theorie und Programmierung von Shared-Memory Multiprozessorsystemen. Es vermittelt ein tiefergehendes Verständnis von Speichermodellen, grundlegenden Synchronisations- und Koordinationsproblemen und Task Scheduling sowie deren Einschränkungen und eine Übersicht über die wichtigsten Arten von parallelen Datenstrukturen und Algorithmen. Durch ein begleitendes Programmierprojekt werden die vermittelten Grundlagenkenntnisse von lockfreien Algorithmen für die wichtigsten Datenstrukturen für Systeme mit gemeinsamem Speicher vertieft und praxisrelevant ergänzt.

Communication Networks 1 (4,5 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.

Discrete Mathematics (6,0 ECTS) Diese Lehrveranstaltung ist eine fortgeschrittene Einführung in diskrete mathematische Methoden und Algorithmen für Anwendungen in der Informatik. Sie deckt zentrale Aspekte aus der Kombinatorik und Graphentheorie, der angewandten Zahlentheorie und Algebra ab.

Formal Methods in Systems Engineering (6,0 ECTS) Ensuring system reliability became mandatory in our digital world. The area of formal methods provide rigorous arguments to prove that systems have no errors and behave as expected. Yet, there are theoretical results showing that there is no “one” formal approach that can be used for every system error, in every technology. This module focuses for software and hardware systems and presents formal methods for ensuring trustworthiness of such systems. We address SAT/SMT solving, deductive program verification, model checking, and static code analysis. Module concepts will be demonstrated using fully automated tools, allowing students to practice and consolidate their knowledge in formal methods for efficient systems engineering.

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 (6.0 ECTS) Computersysteme basieren von ihrer Natur her auf einem Zusammenwirken von Hardware und Software. Zur Erreichung der in der jeweiligen Anwendung benötigten Eigenschaften müssen daher diese beiden Komponenten integrativ betrachtet werden; eine isolierte Betrachtung von HW und SW bei der Optimierung führt im Allgemeinen nicht zu einem optimalen Gesamtergebnis. Dieses Modul vermittelt die Kompetenz, eine solche übergeifende Optimierung des HW/SW-Gesamtsystems für gegebene Anforderungen geeignet vorzunehmen, und insbesondere auch die schwierige Frage des HW/SW-Partitioning passend zu lösen.

Information Technology in Automation (6 ECTS) Das Zusammenspiel von Ubiquitous Computing, Fog/Cloud Computing sowie Internet of Things and Services eröffnet

neue Anwendungsfelder und -möglichkeiten für die Automatisierungstechnik, bringt aber auch quantitativ und qualitativ neue Herausforderungen hinsichtlich ihrer Integration in eine einheitliche Gesamtarchitektur. Den Studierenden soll im Rahmen des Moduls ein tiefgreifendes Verständnis zu den Themen vertikale und horizontale Integration im automatisierungstechnischen Umfeld vermittelt werden.

Integrated Devices (3,0 ECTS) Aufbauend auf den Grundvorlesungen *Halbleiterphysik*, *Elektronische Bauelemente* und *Sensorik und Sensorsysteme* wird ein fundiertes Wissen über die Technologie der integrierten Schaltungen vermittelt. Das Modul umfasst sowohl theoretische als auch anwendungsorientierte Aspekte.

Machine Vision (4,5 ECTS) Machine Vision untersucht wie Maschinen wie Roboter mit visueller Sensorik und Wahrnehmung ausgerüstet werden können, um Entscheidungen für ihre jeweiligen Aufgaben zu treffen. Das Modul *Machine Vision* bietet einen Einblick in die Bildverarbeitung und in aktuelle Gebiete der Forschung.

Microsystems (3,0 ECTS) Aufbauend auf den Grundvorlesungen *Halbleiterphysik*, *Elektronische Bauelemente* und *Sensorik und Sensorsysteme* wird ein fundiertes Wissen über die Technologie der Mikrosystemtechnik vermittelt. Das Modul umfasst sowohl theoretische als auch anwendungsorientierte Aspekte.

Mobile Robotics (6,0 ECTS) This course covers fundamental concepts and techniques in mobile robotics. It explores the key challenges of autonomous intelligent systems, focusing on state-of-the-art solutions for path and motion planning, self-localization, and SLAM. Practical exercises are conducted using both simulated and real robotic hardware.

Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik (3,0 ECTS) Das Modul vermittelt umfassende Kenntnisse der Technologien, die die Basis für die moderne Nanoelektronik, Nanophotonik und Mikrosystemtechnik bilden. Ausgehend von deren materialwissenschaftlichen Grundlagen werden die Schlüsseltechnologien für die Herstellung von mikro- und nano-skaligen 1-, 2- und 3-dimensionalen Strukturen und Bauelementen erarbeitet.

Regelungssysteme (4,5 ECTS) Das Modul *Regelungssysteme* behandelt Methoden der Parameterschätzung, der optimalen Regelung und des optimalen Zustandsbeobachterentwurfs und deren Anwendung für robotische Systeme.

Responsible Research Practice (3,0 ECTS) Das Modul ist den vielfältigen ethischen, rechtlichen, sozialen und ökonomischen Aspekten von Forschung und Innovation in den für Embedded Computing Systems und Cyber-Physical Systems relevanten Gebieten, von der Medizintechnik bis hin zur Automation und mobilen Robotik.

Signal Processing (9,0 ECTS) Das Modul *Signal Processing* (Signalverarbeitung) baut auf den Inhalten der Vorlesungen Zeitkontinuierliche Signale und Systeme und Zeitdiskrete Signale und Systeme sowie den Grundlagen der Nachrichtentechnik (VU Telekommunikation) 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.

Stochastische Grundlagen von Cyber-Physical Systems (6 ECTS) Dieses Modul bietet eine fortgeschrittene Einführung in die stochastischen Grundlagen der Cyber-Physical Systems (CPS), also der physikalischen oder biologischen Systeme, deren Betrieb durch einen Computer überwacht und gesteuert wird. Das Modul erlaubt Studierenden, sowohl formal-mathematische Fähigkeiten im Allgemeinen zu entwickeln und sich auch mit automatisierten Werkzeugen und grundlegenden Techniken zum Erlernen von CPS-Modellen, Schätzen ihrer internen Zustände und zum optimalen Steuern eines CPS, vertraut zu machen. Die Studierenden werden auch die notwendigen Fähigkeiten erwerben, um die Komplexität und die Korrektheit dieser Werkzeuge und Techniken zu analysieren. Eine Anzahl von begleitenden Übungsbeispiele und Tests werden das kontinuierliche Engagement der Studierenden während des gesamten Semesters fördern.

Wahlmodul Advanced Programming Dieses Wahlmodul in der Core Area Computing, Networking and Systems vermittelt weiterführende Programmierkenntnisse, insbesondere mit Fokus auf parallelen Multi-Core Architekturen und Graphikkarten (GPUs). Zudem werden verwandete weiterführende Grundlagen wie parallele Algorithmen vermittelt.

Wahlmodul Advanced Signal Processing Das Wahlmodul Advanced Signal Processing vermittelt vertieftes Wissen über ausgewählte Bereiche der Signalverarbeitung und bietet somit eine Erweiterung und Vertiefung der im Pflichtmodul Signal Processing gelehrten Inhalte. Es präsentiert moderne Methoden der Signalverarbeitung, die in der aktuellen Fachliteratur und technischen Praxis verwendet werden. Beispiele behandelter Themengebiete sind Signaldetektion und die Verarbeitung von spärlichen Signalen.

Wahlmodul Analog and Mixed-Signal Circuit Design Dieses Modul vermittelt (a) Grundlagen des Designs von analogen integrierten Schaltungen, (b) die analytischen Grundlagen zur Dimensionierung integrierter Schaltungen, (c) die Methoden zu ihrer Modellierung, (d) die Beherrschung des Layouts und der Verifikation analoger integrierter Schaltungen, (e) die Grundlagen zum Test integrierter Schaltungen und (f) vertieft die Kenntnisse der analogen integrierten und mixed-signal Schaltungstechnik.

Wahlmodul Automation Systems Dieses Wahlmodul in der Extension Area Automation and Robotics vermittelt den Studierenden ein tiefgreifendes Verständnis zu den Themen vertikale und horizontale Integration im automatisierungstechnischen Umfeld. Das Zusammenspiel von *Ubiquitous Computing*, *Fog/Cloud Computing* sowie *Internet of Things and Services* eröffnet neue Anwendungsfelder und Möglichkeiten für die Automatisierungstechnik, bringt aber auch quantitativ und qualitativ neue Herausforderungen hinsichtlich ihrer Integration in eine einheitliche Gesamtarchitektur. Die Lehrveranstaltungen in diesem Modul fördern ein tiefgehendes Verständnis, ermöglichen die Analyse und Bewertung geeigneter Ansätze und unterstützen deren effektive Anwendung und Umsetzung.

Wahlmodul Computer Vision Dieses Wahlmodul in der Extension Area Automation and Robotics vermittelt Konzepte und Techniken im Bereich der Bildverarbeitung (Computer Vision). Die Lehrveranstaltungen in diesem Modul befassen sich mit den Herausforderungen der Bildverarbeitung im Zusammenhang mit Automatisierungslösungen

und Robotik.

Wahlmodul Control and Learning Dieses Wahlmodul im Core-Bereich Cyber-Physical Systems vermittelt sowohl grundlegendes als auch vertiefendes Wissen an der Schnittstelle von Regelungstechnik und maschinellem Lernen und betont dabei, wie Lernverfahren klassische und moderne Regelungsmethoden erweitern und verbessern können. Insbesondere lernen die Studierenden regelungstechnische Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens kennen, wie etwa Reinforcement Learning, die auf datengetriebenen Ansätzen basieren und nicht auf expliziten dynamischen Modellen.

Wahlmodul CPS Applications Dieses Wahlmodul in der Core Area Cyber-Physical Systems bietet die Möglichkeit, einige der zahlreichen Anwendungsfelder genauer kennenzulernen.

Wahlmodul CPS Basics Dieses Wahlmodul in der Core Area Cyber-Physical Systems bietet einen Einstieg in die Welt derartiger Systeme, die Rechner-, Kommunikations- und Regelungskomponenten mit der realen physikalischen Welt integrieren. Studierende lernen die Grundlagen und Methoden der Modellierung, Analyse und Entwicklung von Cyber-Physical Systems kennen, wobei der Verifikation von Sicherheit und Systemzuverlässigkeit besondere Beachtung geschenkt wird. Anhand praktischer Beispiele und Simulationen wird die Interaktion von Software und Hardware und deren Einbettung in Anwendungen wie industrieller Automation, autonomer Fahrzeuge und des Internet of Things demonstriert.

Wahlmodul Design of Digital Circuits and SoCs Aufbauend auf den Grundlagen des Digital Designs werden die Standard Architekturen für homogene und heterogene Systems on Chips behandelt, wobei alle wichtigen Teilstrukturen wie Computation, Communication, Storage und Input/Output systematisch studiert werden. Weiters wird auf die SoC Infrastruktur für Kommunikation (Networks on Chip), Clock-Netzwerk, Power-Management, Security-Management, und Teststrukturen eingegangen. Die Methoden des integrierten Enwurfs von Hardware und Softare, HW/SW Codesign, werden vertieft.

Wahlmodul Formal Methods Das Wahlmodul Formal Methods in der Core Area Verification and Validation vermittelt grundlegende Methoden und Techniken der formalen Verifikation. Dies umfasst einerseits die Formalisierung von Systemeigenschaften (durch formale Zusicherungen bzw. Assertions und Temporallogik) und der Semantik von Programmen, und das Kennenlernen von geeigneten Verifikationsverfahren (wie deduktives Beweisen in logischen Kalkülen, statische Programmanalyse, und Model Checking). Den Studierenden werden die Wichtigkeit und die Vorteile von formalen Garantien für zuverlässige Systeme vermittelt. Die Lehrveranstaltung behandelt weiters Algorithmen und den praktischen Einsatz von automatisierten Verifikationswerkzeugen zur Erreichung solcher Garantien.

Wahlmodul Integrated Electronic Devices and Technology Dieses Wahlmodul in der Extension Area Devices and Integrated Circuits vermittelt einen Einblick in die physikalisch-elektrotechnischen Grundlagen moderner integrierter Schaltungen. Insbe-

sondere werden die Funktionalität und Skalierbarkeit moderner MOSFETs als grundlegende CMOS-Komponenten sowie neuartige Technologien zur Herstellung von skalierten Bauelementen beschrieben. In diesem Modul werden auch die Grundlagen der technologischen Herstellungsmodule integrierter Schaltungen vermittelt, die für die Beherrschung analoger und digitaler Schaltungen beim physikalischen-IC-Entwurf unerlässlich sind.

Wahlmodul Microsystems Engineering Dieses Wahlmodul in der Extension Area Devices and Integrated Circuits vermittelt einen Einblick in die Mikrosystemtechnik. Ausgehend von einer fundierten Beschreibung von Sensor- und Aktorkomponenten werden integrierte mikroelektromechanische (MEMS) wie auch nanoelektromechanische (NEMS) Systeme behandelt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Funktionsbeschreibung sowie auf Integrations- und Anwendungsaspekten. Theoretische Grundlagen und Ansätze zur Modellierung mittels Finite-Elemente-Simulationen vertiefen das Verständnis der Funktionalität.

Wahlmodul Mobile Robotics Dieses Wahlmodul in der Extension Area Automation and Robotics vermittelt Konzepte und Techniken der Mobilen Robotik. Die Lehrveranstaltungen in diesem Modul befassen sich mit den Herausforderungen autonomer intelligenter Systeme und konzentrieren sich auf moderne Lösungen für Bahn- und Bewegungsplanung, Selbstlokalisierung und SLAM sowie die dafür erforderliche Softwarearchitektur. Die Kurse vertiefen das vermittelte Wissen sowohl durch Simulationen als auch durch praktische Übungen mit realer Roboterhardware.

Wahlmodul Networks and IoT Dieses Wahlmodul in der Core Area Computing, Networking and Systems vermittelt weiterführende Inhalte auf dem Gebiet der Netzwerktechnik wie Protokolle und Routing-Verfahren, Netzwerktheorie sowie des Internets der Dinge (Internet-of-things). Dies beinhaltet auch Inhalte zur Netzwerksicherheit.

Wahlmodul Validation Methods Das Wahlmodul Validation Methods vermittelt Methoden und Techniken für die Validierung von Software- und Hardware-Systemen außerhalb von formalen Methoden, also primär experimentell-empirischen Techniken wie Simulationen und Testen. Ein wesentlicher Aspekt dieser Techniken ist der unmittelbare Anwendungsbezug, der von Integrierten Schaltungen bis zu komplexen Software-Systemen reicht und wesentliche Auswirkungen auf die geeigneten Validierungmethoden hat.

Wahlmodul Verbreiterung Dieses Modul enthält Lehrveranstaltungen, die der Verbreiterung des thematischen Fokusses von Embedded Computing Systems dienen und nicht in die spezifischen Wahlmodule der Areas passen.

§ 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 (§ 7) festgelegt.

Vorgaben zu Lehrveranstaltungen und Prüfungen aus dem Universitätsgesetz 2002

Vor Beginn jedes Semesters ist ein elektronisches Verzeichnis der Lehrveranstaltungen zu veröffentlichen (Titel, Name der Leiterin oder des Leiters, Art, Form inklusive Angabe des Ortes und Termine der Lehrveranstaltung). Dieses ist laufend zu aktualisieren.

Die Leiterinnen und Leiter einer Lehrveranstaltung haben, zusätzlich zum veröffentlichten Verzeichnis, vor Beginn jedes Semesters die Studierenden in geeigneter Weise über die Ziele, die Form, die Inhalte, die Termine und die Methoden ihrer Lehrveranstaltungen sowie über die Inhalte, die Form, die Methoden, die Termine, die Beurteilungskriterien und die Beurteilungsmaßstäbe der Prüfungen zu informieren.

Für Prüfungen, die in Form eines einzigen Prüfungsvorganges durchgeführt werden, sind Prüfungstermine jedenfalls drei Mal in jedem Semester (laut Satzung am Anfang, zu Mitte und am Ende) anzusetzen, wobei die Studierenden vor Beginn jedes Semesters über die Inhalte, die Form, die Methoden, die Termine, die Beurteilungskriterien und die Beurteilungsmaßstäbe der Prüfungen zu informieren sind.

Bei Prüfungen mit Mitteln der elektronischen Kommunikation ist eine ordnungsgemäße Durchführung der Prüfung zu gewährleisten, wobei zusätzlich zu den allgemeinen Regelungen zu Prüfungen folgende Mindesterfordernisse einzuhalten sind:

- Vor Semesterbeginn Bekanntgabe der Standards, die die technischen Geräte der Studierenden erfüllen müssen, damit Studierende an diesen Prüfungen teilnehmen können.
- Zur Gewährleistung der eigenständigen Erbringung der Prüfungsleistung durch die Studierende oder den Studierenden sind technische oder organisatorische Maßnahmen vorzusehen.
- Bei technischen Problemen, die ohne Verschulden der oder des Studierenden auftreten, ist die Prüfung abzubrechen und nicht auf die zulässige Zahl der Prüfungsantritte anzurechnen.

Vorgaben zu Lehrveranstaltungen aus der Satzung der TU Wien

Im Folgenden steht SSB für *Satzung der TU Wien, Studienrechtliche Bestimmungen.*

- Der Umfang der Lehrveranstaltung ist in ECTS-Anrechnungspunkten und in Semesterstunden anzugeben. vgl.§ 9 (2) SSB (Module und Lehrveranstaltungen)
- Die Abhaltung einer Lehrveranstaltung als „Blocklehrveranstaltung“ ist nach Genehmigung durch das Studienrechtliche Organ möglich. vgl. § 9 (3) SSB (Module und Lehrveranstaltungen)
- Zur Abhaltung und Prüfung einer Lehrveranstaltung in einer Fremdsprache ist die Zustimmung des Studienrechtlichen Organs nötig. vgl. § 11 (1) SSB (Fremdsprachen)
- Lehrveranstaltungsprüfungen dienen dem Nachweis der Lernergebnisse, die durch eine einzelne Lehrveranstaltung vermittelt wurden. vgl. § 12 (1) SSB (Lehrveranstaltungsprüfung)

- Die Lehrveranstaltungsprüfungen sind von dem_der Leiter_in der Lehrveranstaltung abzuhalten. Bei Bedarf hat das Studienrechtliche Organ eine_n andere_n fachlich geeignete_n Prüfer_in zu bestellen. vgl. § 12 (2) SSB (Lehrveranstaltungsprüfung)
- Jedenfalls sind für Prüfungen in Pflicht- und Wahlpflichtlehrveranstaltungen, die in einem einzigen Prüfungsakt enden, drei Prüfungstermine für den Anfang, für die Mitte und für das Ende jedes Semester anzusetzen. Diese sind mit Datum vor Beginn des Semesters bekannt zu geben. vgl. § 15 (1) SSB (Prüfungstermine)
- Prüfungen dürfen auch am Beginn und am Ende lehrveranstaltungsfreier Zeiten abgehalten werden. vgl. § 15 (1) SSB (Prüfungstermine)
- Die Prüfungstermine sind in geeigneter Weise bekannt zu machen. vgl. § 15 (1) SSB (Prüfungstermine)

Beschreibung der Lehrveranstaltungstypen

VO: Vorlesungen sind Lehrveranstaltungen, in denen die Inhalte und Methoden eines Faches unter besonderer Berücksichtigung seiner spezifischen Fragestellungen, Begriffsbildungen und Lösungsansätze vorgetragen werden. Die Prüfung wird mit einem einzigen Prüfungsvorgang durchgeführt. In der Modulbeschreibung ist der Prüfungsvorgang je Lehrveranstaltung (schriftlich oder mündlich, oder schriftlich und mündlich) festzulegen. Bei Vorlesungen herrscht keine Anwesenheitspflicht, das Erreichen der Lernergebnisse muss dennoch gesichert sein.

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

LU: Laborübungen sind Lehrveranstaltungen, in denen Studierende einzeln oder 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 am Qualifikationsprofil 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 konkrete Aufgabenstellungen – beispielsweise rechnerisch, konstruktiv, künstlerisch oder experimentell – zu bearbei-

ten sind. Dabei werden unter fachlicher Anleitung oder Betreuung die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Studierenden zur Anwendung auf konkrete Aufgabenstellungen entwickelt.

VU: Vorlesungen mit integrierter Übung sind Lehrveranstaltungen, in denen die beiden Lehrveranstaltungstypen VO und UE in einer einzigen Lehrveranstaltung kombiniert werden. Der jeweilige Übungs- und Vorlesungsanteil darf ein Viertel des Umfanges der gesamten Lehrveranstaltungen nicht unterschreiten. Beim Lehrveranstaltungstyp VU ist der Übungsteil jedenfalls prüfungsimmanent, der Vorlesungsteil kann in einem Prüfungsakt oder prüfungsimmanent geprüft werden. Unzulässig ist es daher, den Übungsteil und den Vorlesungsteil gemeinsam in einem einzigen Prüfungsvorgang zu prüfen.

Beschreibung der Lehrveranstaltungen und Prüfungen im Informationssystem zu Studien und Lehre

- Typ der Lehrveranstaltung (VO, EX, LU, PR, SE, UE, VU)
- Form (Präsenz, Online, Hybrid, Blended)
- Termine (gegebenenfalls auch die für die positive Absolvierung erforderliche Anwesenheit)
- Inhalte (Beschreibung der Inhalte, Vorkenntnisse)
- Literaturangaben
- Lernergebnisse (Umfassende Beschreibung der Lernergebnisse)
- Methoden (Beschreibung der Methoden in Abstimmung mit Lernergebnissen und Leistungsnachweis)
- Leistungsnachweis (in Abstimmung mit Lernergebnissen und Methoden)
  - Ausweis der Teilleistungen, inklusive Kennzeichnung, welche Teilleistungen wiederholbar sind. Bei Typ VO entfällt dieser Punkt.
- Prüfungen:
  - Inhalte (Beschreibung der Inhalte, Literaturangaben)
  - Form (Präsenz, Online)
  - Prüfungsart bzw. Modus
    - Typ VO: schriftlich, mündlich oder schriftlich und mündlich;
    - bei allen anderen Typen: Ausweis der Teilleistungen inklusive Art und Modus bezugnehmend auf die in der Lehrveranstaltung angestrebten Lernergebnisse.
  - Termine
  - Beurteilungskriterien und Beurteilungsmaßstäbe

§ 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 einer Prüfungskommission 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,

(f) auf Antrag des_der Studierenden den Ausweis derjenigen Core Area als *Major Area*, in der mehr als 36 ECTS an Wahlpflicht- oder Wahlmodulen absolviert wurden.

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.

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 Computing 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 C zu absolvieren. Studierenden, die ihr Studium im Sommersemester beginnen, wird empfohlen, ihr Studium nach dem modifizierten Semestervorschlag in Anhang D zu absolvieren.

Die Beurteilungs- und Anwesenheitsmodalitäten von Lehrveranstaltungen der Typen UE, LU, PR, VU, SE und EX sind im Rahmen der Lehrvereinbarungen mit dem Studienrechtlichen Organ festzulegen und im Informationssystem für Studien und Lehre bekanntzugeben. Weiters sind die Bestimmungen der Satzung (Studienrechtliche Bestimmungen zur Wiederholbarkeit von Teilleistungen) zu beachten.

Jede Lehrveranstaltung mit Teilnehmer_innenbeschränkung, wo eine nicht ermöglichte von einem_r Studierenden beabsichtigte Teilnahme das Potential einer Studienzeitverzögerung hat, muss entsprechend dem UG mit den verfügbaren Plätzen und dem Vergabeprozedere im Studienplan vermerkt werden. Die betroffenen Lehrveranstaltungen sowie die Anzahl der Plätze und das Verfahren zur Vergabe sind von der Studienkommission festzulegen und für die Studierenden klar und verständlich in den Modulbeschreibungen darzulegen.

Lehrveranstaltungen, für die ressourcenbedingte Teilnahmebeschränkungen gelten, sind im Informationssystem für Studien und Lehre entsprechend gekennzeichnet. Außerdem sind die Anzahl der verfügbaren Plätze und das Verfahren zur Vergabe dieser Plätze anzugeben.

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

Die im Zuge einer Mobilität erreichten ECTS-Punkte können verwendet werden, um die im Modul „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“ geforderten Transferable Skills im entsprechenden Ausmaß abzudecken. Insbesondere können sie auch dem Themenpool Technikfolgenabschätzung, Technikgenese, Wissenschaftsethik, Gender Mainstreaming und Diversity Management zugerechnet werden.

Kommt es in einer Lehrveranstaltung ohne explizit geregelte Platzvergabe zu einem unvorhergesehenen Andrang, kann die Lehrveranstaltungsleitung in Absprache mit dem studienrechtlichen Organ Teilnahmebeschränkungen vornehmen. Studierende, die zum

Masterstudium *Embedded Computing Systems* zugelassen sind und für die eine Nichtteilnahme zu einer Studienzeitverzögerung führen könnte, werden in jedem Fall aufgenommen. Die Vergabe der allenfalls übrigen Plätze ist nach folgenden Kriterien (mit absteigender Priorität) zu regeln.

- Es werden jene Studierenden bevorzugt aufgenommen, die die formalen und inhaltlichen Voraussetzungen erfüllen. Die inhaltlichen Voraussetzungen können etwa an Hand von bereits abgelegten Prüfungen oder durch einen Eingangstest überprüft werden.
- Unter diesen hat die Verwendung der Lehrveranstaltung als Pflichtfach Vorrang vor der Verwendung als Wahlfach und diese vor der Verwendung als Freifach.
- Innerhalb dieser drei Gruppen sind jeweils jene Studierenden zu bevorzugen, die trotz Vorliegens aller Voraussetzungen bereits in einem früheren Abhaltesemester abgewiesen wurden.

Die Studierenden sind darüber ehebaldigst zu informieren.

§ 9 Diplomarbeit

Die Diplomarbeit ist eine künstlerisch-wissenschaftliche Arbeit, die dem Nachweis der Befähigung dient, ein wissenschaftliches 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 der kommissionellen Abschlussprüfung im Ausmaß von 3 ECTS-Punkten.

§ 10 Akademischer Grad

Den Absolvent_innen des Masterstudiums *Embedded Computing 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 Computing 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.

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

Die für die Abwicklung des Studiums zur Verfügung stehenden Labors und Ressourcen sind für eine maximale Anzahl von 60 Studienanfänger_innen pro Studienjahr ausgelegt, mit einem erwarteten Drop-Out von 33%.

Lehrveranstaltungskapazitäten

Um die Qualität der Umsetzung der Lehrveranstaltungen zu sichern, dienen für die verschiedenen Typen von Lehrveranstaltungen (siehe Seite 16) die folgenden Gruppengrößen als Richtwert:

Lehrveranstaltungstyp	Gruppengröße je Leiter(in)	je Tutor(in)
VO	100	
UE mit Tutor(inn)en	30	15
UE	15	
LU mit Tutor(inn)en	20	8
LU	8	
EX, PR, SE	10	

Für Lehrveranstaltungen des Typs VU werden für den Vorlesungs- bzw. Übungsteil die Gruppengrößen für VO bzw. UE herangezogen. Die Beauftragung der Lehrenden erfolgt entsprechend der tatsächlichen Abhaltung.

Gender, Ethik und Diversität

Kontext: Um Lehr- und Lernumgebungen zu schaffen, in denen alle Studierenden – unabhängig von Geschlecht, Herkunft, Fähigkeiten oder sozialem Hintergrund – gleichermaßen geschätzt, gefördert und gefordert werden, ist eine inklusive Lehre basierend auf diversitätssensibler Didaktik erforderlich. Dies kann nicht in eigenen separaten Lehrveranstaltungen abgehandelt werden, sondern muss auf allen Ebenen des Studiums umgesetzt werden – als „Embedded Gender, Ethics and Diversity".

Dazu gehört die Einbettung ethischer und gesellschaftlicher Themen in den Studienplan, sowie die Auseinandersetzung mit diesen Themen in jeder Lehrveranstaltung. So lassen sich Rahmenbedingungen schaffen, die ein diskriminierungsfreies Lernumfeld ermöglichen. Dies umfasst auch Maßnahmen gegen Diskriminierung und Belästigung, etwa durch explizite Verhaltenscodizes.

Lehrinhalt: Inklusivität und Vielfalt werden gefördert, indem in allen Lehrveranstaltungen unterschiedliche Perspektiven einbezogen werden, die sich auf ein breites Spektrum von Autor_innen und Rollenvorbildern stützen. Die ethische Reflexion von Kernbereichen wird in allen Lehrveranstaltungen eingebettet, indem sie in Vorlesungen und Übungsbeispielen angesprochen und berücksichtigt wird, etwa durch Diskussion ethischer Aspekte und sozialer Auswirkungen. Zusätzlich wird auf das Angebot der Abteilung für Genderkompetenz der TU Wien hingewiesen, die für das Absolvieren eines Zusatzkatalogs das Zertifikat *Gender- und Diversitätskompetenz* ausstellt.

Lehrmethoden: Die Lehrmethoden fördern Gender-Inklusivität und Diversität und schaffen ein Lernumfeld, in dem sich alle Studierenden gleichermaßen willkommen fühlen. Dazu gehören unter anderem die Verwendung einer inklusiven, vorurteilsfreien Sprache, um die Verstärkung von Stereotypen zu vermeiden; Lehrmaterial mit Beispielen, Fallstudien oder Anschauungsmaterial, die unsere vielfältige Gesellschaft widerspiegeln; die Abhaltung der Lehre in einer Form, die für Menschen mit unterschiedlichen Fähigkeiten geeignet ist und eine gleichberechtigte Teilnahme gewährleistet; sowie die Einbindung von Gastredner_innen mit unterschiedlichen Hintergründen.

§ 12 Inkrafttreten

Dieser Studienplan tritt mit 1. Oktober 2026 in Kraft.

§ 13 Übergangsbestimmungen

Die Übergangsbestimmungen sind in Anhang B 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 § 6 unter *Lehrveranstaltungstypen* auf Seite 16 im Detail erläutert.

Advanced Computer Architecture

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse: Dieses Modul führt in weiterführende Inhalte auf dem Gebiet der Rechnerarchitektur ein.

Fachkompetenzen: Fundamentale Konzepte und Resultate in folgenden Gebieten: Computer Architecture, On-chip Interconnects, Speicher. Die Studierenden erwerben die Fähigkeit, die Architektur von modernen Prozessoren, On-Chip Netzwerken, Speichern und neuen Technologien und deren Auswirkung auf die Ausführung von Software-Programmen zu verstehen. Die Studierenden erwerben zudem die Fähigkeit System-Beschreibungen zu verstehen und daraus komplexe Architekturen und deren Architekturen abzuleiten.

Überfachliche Kompetenzen: Zeitmanagement, Arbeitstechniken, Programmiertechniken, Selbstmanagement. Weiters können die Studierenden ethische Fragestellungen und Fragen zur Nachhaltigkeit (zum Beispiel Energieverbrauch von Rechenaufgaben) im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

Inhalt:

- Komplexe Pipeline Features von superskalaren und VLIW Prozessoren, Multithreading
- Fortschrittliche Multi-Core und On-chip Interconnect Konzepte
- Beschleunigerentwurf mit High-level Synthese
- heterogene Systems-on-chip (SoCs)
- Einführung in neue Technologien (Neuromorphic computing, in-memory computing).

Erwartete Vorkenntnisse: Grundlegende Kenntnisse von digitaler Hardware, Prozessor-Pipelines und RISC Instruktionssatzarchitekturen (Assembler, Machine Code). Diese Voraussetzungen werden in den Modul Computersysteme vermittelt.

Verpflichtende Voraussetzungen: keine

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Advanced Computer Architecture

Advanced Software Engineering

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse: This module deals with reliability techniques for large, complex software systems as well as modern applications thereof.

Fachkompetenzen: Fundamental concepts and techniques on software reliability and modern applications thereof.

Überfachliche Kompetenzen: Students acquire the ability to explain methods for automated software reliability and design them themselves for new application domains. Weiters können die Studierenden Fragestellungen von Gender, Ethik und Diversität im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

Inhalt:

- Static program-analysis techniques, such as deductive verification, abstract interpretation, bounded model checking, and symbolic execution
- Dynamic program-analysis techniques, such as dynamic symbolic execution, greybox fuzzing, and blackbox fuzzing
- Specification-inference techniques
- Program-synthesis techniques
- Modern applications of reliability techniques to different, popular domains, such as smart contracts and machine-learning models

Erwartete Vorkenntnisse: Knowledge of "Software Engineering" and "Programming"
These prerequisites are taught in the following modules:

- Software Engineering (*Software Engineering*)
- Programming (*Einführung in die Programmierung*)

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: The content is presented in lectures and worked on by the students in accompanying exercises. The exercises can be solved individually or in groups. The solutions are discussed and corrected at regular meetings with teachers. The assessment is based on written tests and performance in the exercises.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Advanced Software Engineering

Analoge Integrierte Schaltungen

Regelarbeitsaufwand: 3,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: 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 analoger integrierter Schaltungen sowie zu deren Anwendung. Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurswissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten und zur eigenständigen Entwicklung analoger integrierter Schaltungen. Die Beherrschung der Grundlagen des methodischen Entwurfs integrierter analoger 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.

Überfachliche Kompetenzen: Weiters können die Studierenden Fragestellungen von Gender, Ethik und Diversität im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

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.

Erwartete Vorkenntnisse: Grundlegende Kenntnisse aus den Bereichen analoge Schaltungen, Grundlagen der diskreten Schaltungstechnik, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie und Halbleiterphysik, sowie der Inhalt der VO Schaltungstechnik werden erwartet. Fähigkeit zum Verstehen schaltungstechnischer Fragestellungen und Algorithmen.

Die erforderlichen Voraussetzungen werden in folgenden Lehrveranstaltungen vermittelt:

4,0/2,0 VU Schaltungstechnik

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre

bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen

Anpassungsmodul Grundlagen der Elektrotechnik

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Modul enthält Lehrveranstaltungen aus dem Bachelorstudium *Elektrotechnik und Informationstechnik*, oder Lehrveranstaltungen mit vergleichbaren Inhalten, die von Studierenden aus anderen Bachelorstudien zwecks Erwerb der erforderlichen Voraussetzungen für manche Lehrveranstaltungen des Masterstudiums *Embedded Computing Systems* (in beschränktem Ausmaß) frei gewählt werden können.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Pflichtlehrveranstaltungen des Bachelorstudiums *Elektrotechnik und Informationstechnik* oder Lehrveranstaltungen mit vergleichbaren Inhalten,
- Vermittlung erforderlicher Voraussetzungen für verpflichtende Lehrveranstaltungen des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Ausreichende Verschiedenheit von anderen Lehrveranstaltungen in den Anpassungsmodulen

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 VU Elektronische Bauelemente
3,0/2,0 VO Sensorik und Sensorsysteme
3,0/2,0 VO Halbleiterphysik für Informatik
4,0/2,0 VU Schaltungstechnik
4,0/3,0 VU Telekommunikation

Anpassungsmodul Grundlagen der Informatik

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Modul enthält Lehrveranstaltungen aus dem Bachelorstudium *Technische Informatik*, oder Lehrveranstaltungen mit vergleichbaren Inhalten, die von Studierenden aus anderen Bachelorstudien zwecks Erwerb der erforderlichen Voraussetzungen für manche Lehrveranstaltungen des Masterstudiums *Embedded Computing Systems* (in beschränktem Ausmaß) frei gewählt werden können.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Pflichtlehrveranstaltungen des Bachelorstudiums *Technische Informatik* oder Lehrveranstaltungen mit vergleichbaren Inhalten aus anderen Bachelor- oder Masterstudien
- Vermittlung erforderlicher Voraussetzungen für verpflichtende Lehrveranstaltungen des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Ausreichende Verschiedenheit von anderen Lehrveranstaltungen in den Anpassungsmodulen

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 VU Hardware Modeling
6,0/4,0 VU Betriebssysteme
3,0/2,0 VO Echtzeitsysteme
3,0/2,0 VU Industrielle Automation
6,0/4,0 VU Theoretische Informatik
4,5/3,0 VU Machine Learning
8,0/5,5 VU Algorithmen und Datenstrukturen
6,0/4,0 VU Parallel Computing
3,0/2,0 VU Einführung in die Mobile Robotik

Advanced Multiprocessor Programming

Regelarbeitsaufwand: 4,5 ECTS

Lernergebnisse:
Fachkompetenzen: Das Modul vermittelt folgende Grundkenntnisse:

- Grundlegende Synchronisierungs- und Koordinationsprobleme für Multiprozessoren mit gemeinsamem Speicher, fundamentale Einschränkungen und Schranken.
- Grundlagen der Speichermodelle in Hardware und Software.
- Grundideen und -begriffe für Datenstrukturen und Algorithmen mit und ohne Locks, Fortschritt unter Nebenläufigkeit.
- Grundlagen für "Work-stealing schedulers".

Vertrautheit mit wichtigen

- lock-freien Datenstrukturen (Listen, Stacks, Queues, Sets, …),
- lock-freien Algorithmen.

Das Modul vermittelt Fertigkeiten im

- Entwurf und Fortschrittsanalyse von nebenläufigen Datenstrukturen und Algorithmen für neue Probleme, sowie
- Implementierung von parallelen Datenstrukturen und Algorithmen mit den vermittelten Arbeitswerkzeugen.

Inhalt: Synchronisationsprobleme, -operationen, und -primitiven, atomare Operationen, Konsens, Universalität und Unmöglichkeit, Locks, Datenstrukturen ohne Locks (Listen, Stacks, Sets, Queues, Hashtabellen, Suchstrukturen, …), Speichermodelle, "Work-stealing", transaktionale Speicher. Praktisches Implementierungsprojekt in C++.

Erwartete Vorkenntnisse:

Grundwissen der Ziele des parallelen Rechnens, paralleler Rechnerarchitekturen, Algorithmen und Datenstrukturen, Programmiermodelle und -sprachen, sowie deren Motivation.

Grundfertigkeiten der Programmierung in C/C++ oder Java, auch mit Hilfe von Threads.

Folgende Modulen vermitteln ausreichende Grundfertigkeiten und -Kenntnisse: *Algorithmen und Datenstrukturen*, *Betriebssysteme*, *Parallel Computing*

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Der Vorlesungsteil, gestützt durch Hausaufgaben und Tafelübungen, vermittelt theoretische Grundlagen, und vermittelt wichtige Datenstrukturen, Algorithmen und Methoden. Er wird begleitet von praktischen Programmierprojekten, in welchen Datenstrukturen und Algorithmen aus der Vorlesung erweitert und implementiert werden sollen. Die Endnote

setzt sich aus der aktive Teilnahme in Vorlesung und Übungen, Aufgabenlösungen, dem Projekt und einer abschliessenden mündlichen Prüfung auf der Grundlage des Projektberichts zusammen.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

4,5/3 VU Advanced Multiprocessor Programming

Communication Networks 1

Regelarbeitsaufwand: 4,5 ECTS

Lernergebnisse:

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

Überfachliche Kompetenzen: Weiters können die Studierenden Fragestellungen von Gender, Ethik und Diversität im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

Inhalt: 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 Netzwerkssicherheit, Kommunikationsnetze für Cyber-Physical Systems (CPS) (ausgewählte Themen), neue Konzepte aus der Future Internet Forschung (ausgewählte Themen).

Erwartete Vorkenntnisse: Keine.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

4,5/3,0 VO Communication Networks 1

Discrete Mathematics

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Reproduzieren bzw. Herleiten der wichtigsten Konzepte der Diskreten Mathematik und seinen Anwendungen. Mathematische Modellierung von Problemstel-

lungen von diskreten Strukturen (wie Netzwerken, Datenstrukturen, Algorithmen) durch entsprechende kombinatorische, graphentheorische bzw. algebraische Konzepte und Anwendung von mathematischen Methoden zur Lösung solcher Problemstellungen.

Überfachliche Kompetenzen: Präsentieren von Problemlösungen vor einer Übungsgruppe.

Inhalt: Höhere Kombinatorik:

- Abzählprinzipien (Mengen, Permutationen, Partitionen, Schubfachschluss, Double Counting, Ramsey-Theory),
- Erzeugende Funktionen (geordnete und ungeordnete kombinatorische Strukturen, Rekursionen, asymptotische Methoden),
- Kombinatorik auf Halbordnungen (Satz von Dilworth, Möbius-Inversion, Verbände)

Graphentheorie:

- Grundlagen
- Bäume und Wälder (spannende Teilgraphen, Matroide und Greedy-Algroithmen),
- Gewichtete Graphen und Algorithmen (Dijkstra, Floyd-Warshall, Ford-Fulkerson),
- Spezielle Graphenklassen (Eulersche, Hamiltonsche, planare, bipartite, Matchings, Färbungen)

Zahlentheorie:

- Teilbarkeit und eindeutige Primfaktorenzerlegung (Euklidischer Algorithmus), Chinesicher Restsatz, RSA-Algorithmus
- Polynome über endlichen Körpern (faktorielle Ringe, euklidische Ringe), Körper (Primkörper, Körpercharakteristik, Polynomringe, Minimalpolynom, primitive Polynome),
- Anwendungen (Polynomcodes, Shift-Register-Folgen)

Erwartete Vorkenntnisse:

Mathematisches Grundwissen aus Bachelor-Lehrveranstaltungen in Algebra und Diskrete Mathematik sowie Analysis.

Mathematische Grundfertigkeiten (Beweistechniken, mathematische Modellierung) aus Bachelor-Lehrveranstaltungen in Algebra und Diskrete Mathematik sowie Analysis.

Fähigkeit zur Präsentation von Übungsbeispielen.

Diese Voraussetzungen werden in folgenden Modulen vermittelt: *Algebra und Diskrete Mathematik*, *Analysis*

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Zweimal wöchentliche Vorlesung mit kontinuierlich begleitenden Übungen (individuell auszuarbeitende Übungsbeispiele, Lösungspräsentation an der Tafel), wodurch die in der

Vorlesung vermittelten Inhalte effizient erlernt und die mathematische Problemlösungskompetenz trainiert wird. Leistungsfeststellung durch mehrere Lösungspräsentationen im Übungsteil, sowie einer schriftlichen und mündlichen Abschlussprüfung.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Discrete Mathematics

Formal Methods in Systems Engineering

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse: This module deals with foundations and applications of automated reasoning and verification techniques for computer systems.

Fachkompetenzen: After successful completion of the module, students are able to understand the theory and practice of automated reasoning and verification techniques for computer systems.

Überfachliche Kompetenzen: Students acquire the ability to understand, use, and apply formal methods for ensuring system correctness.

Inhalt:

- Methods for checking correctness of system requirements, in particular using SAT and satisfiability modulo theory (SMT) solving;
- model checking approaches, in particular using temporal logics and bounded model checking;
- deductive verification techniques, such as Hoare logic and weakest precondition reasoning;
- program-analysis methods, in particular interval analysis and pointer semantics.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Formal Methods in Systems Engineering

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.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

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 Wahlfachkatalog „Transferable Skills“ der Fakultät für Informatik (Anhang F) und aus dem zentralen Wahlfachkatalog der TU Wien für „Transferable Skills“ empfohlen.

HW/SW-Codesign

Regelarbeitsaufwand: 6.0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen:

- Fähigkeit, die Probleme im Zusammenhang mit der Optimierung der HW/SW Partitionierung zu erklären
- Kenntnis der relevanten Problemfelder für ein optimiertes HW/SW Partitioning
- Fähigkeit, die jeweiligen Vor und Nachteile von HW bzw SW Lösungen in diesem Problemfeld zu nennen, abzuwägen und eine passende Entscheidung zu treffen
- Kenntnis moderner Methoden für kombinierte HW/SW Entwicklung
- Fähigkeit, für ein gegebenes Problem eine effiziente Partitionierung in Hardware und Software vorzunehmen
- Fähigkeit, maßgeschneiderte Hardware Komponenten für einen Soft-Core Prozessor zu entwickeln und zu integrieren

Überfachliche Kompetenzen:

- Fähigkeit, selbständig im Team ein herausforderndes kleiners Projekt zu bewältigen
- Zeitmanagement für ein kleines Projekt
- konzise und kritische Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnissen einer Recherche bzw einer eigenen Implementierung
- Präsentationstechnik und Diskussionsführung

Inhalt: Optimierungsprozess im Kontext des HW/SW Codesign; Problemfelder des Partitioning; Methoden der Optimierung von Performance; relevante Eigenschaften einer

HW- bzw SW-Implementierung in Bezug auf Echtzeitverhalten, Energieverbrauch, Zuverlässigkeit, Security; Zertifizierung und Mixed Criticality; Virtual Prototyping; Beschreibungssprachen auf Systemebene

Erwartete Vorkenntnisse: Dieses Modul setzt naturgemäß Kenntnisse im Design von Hardware und Software, inclusive Erfahrungen im Umgang mit entsprechenden Tools voraus.

Verpflichtende Voraussetzungen: keine

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
1.5/1.5 VU HW/SW-Codesign
4.5/4.5 LU HW/SW-Codesign

Information Technology in Automation

Regelarbeitsaufwand: 6 ECTS

Lernergebnisse:
Fachkompetenzen:

- Aufbau und Organisation verteilter Automatisierungssysteme
- Vertiefung zu Kommunikationsprotokollen in der Automatisierung
- Aktuelle Entwicklungen im Bereich Industrial Internet of Things
- Informationsmodelle als Grundlage einer Integration heterogener Systeme
- Maschine-zu-Maschine Kommunikation und Auto-management

- Ableiten von Anforderungen an Automatisierungs- und Kommunikationssysteme
- Kritische Beurteilung und Auswahl geeigneter Architekturen, Protokolle und Komponenten gemäß spezifischer Anforderungen
- Konzeption von Systemarchitekturen
- Entwurf von Ansätzen zur Integration heterogener Systeme über vereinheitlichte Schnittstellen
- Entwicklung und Proof-of-Concept-Implementierung von Automatisierungssystemen
- Bewertung des Sicherheits- und Fehlerverhaltens durch formale Methoden und/oder Simulation

Überfachliche Kompetenzen:

- Analytisches Denken (z.B. Analyse von Prozessen zur Ableitung passender Systemarchitekturen)

- Abstraktes Denken (z.B. Prozess- und Datenmodelle, Integration heterogener Systeme)
- Strukturiertes Denken, Problemlösungskompetenz (Entwicklung und Evaluation von Proof-of-Concept-Systemen)
- Eigeninitiative, erweiterte Lesekompetenz (formal/mathematisch, englisch): Erarbeiten und Bewerten einschlägiger Fachliteratur
- Selbstorganisation, Eigenverantwortlichkeit (Einzelprojekte)
- Kommunikations- und Teamfähigkeit (Bearbeitung praktischer Aufgabenstellungen im Team)

Inhalt: Eine der wichtigsten Herausforderungen für den Anschluss von industrieller Automatisierungstechnik an das Internet of Things kommt aus der inhärenten Komplexität der zugrundeliegenden Automatisierungssysteme. Inhalt des Moduls ist die Wissensvermittlung zur Verknüpfung und zur Zusammenführung verschiedener Technologiebereiche (u.a. Embedded Systems und Cloud Computing) über einheitliche (Internet-basierende) Schnittstellen. Im Rahmen des Moduls werden unterschiedliche Herangehensweisen zur Informations- und Applikationsmodellierung im industriellen Umfeld diskutiert und Herausforderungen für die Umsetzung des Industrial Internet of Things (IIoT) identifiziert. Im begleitenden Übungsteil werden Proof-of-Concepts erstellt, durch Laborprotokolle dokumentiert und in Abgabegesprächen erläutert.

Erwartete Vorkenntnisse:

Basiskenntnisse im Bereich verteilter Automatisierungssysteme, industrieller Kommunikationssysteme und Netzwerkprotokolle

Fähigkeit zur Konstruktion von Programmen (auch für eingebettete Systeme); Argumentieren von gewählten Lösungswegen durch Laborprotokolle

Konzepte vergleichen und evaluieren; selbstständiges Erschließen wissenschaftlicher Begleitliteratur; Aufarbeiten von notwendigen Datenblättern und Manuals

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Inhalte werden in Vorträgen vorgestellt und in begleitenden Übungen von Studierenden vertieft.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Information Technology in Automation

Integrated Devices

Regelarbeitsaufwand: 3,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Die Bildungsziele sind die Technologie der integrierten Schaltungen,

beginnend bei den Einzelprozessen, gefolgt von der Prozess- und Device-Architektur der verschiedenen IC-Technologiefamilien (CMOS, Bipolar, BICMOS) bis hin zum Packaging, sowie wesentlichen technologiebezogene Aspekten wie Layout, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit. Fundierte Kenntnisse der Technologie der integrierten Schaltungen befähigen zum Entwurf und Verständnis von modernen elektrischen Schaltungen. Gerade der derzeit verfolgte Trend zu „Beyond Moore“, d.h. weg vom bedingungslosen Verkleinern mikro-elektronischer Schaltungen (Moore´s Law), erfordert das Verständnis komplexer Schaltungen von heterogenen Bauelementen die auf einem einzelnen Chip integriert produziert werden (system-on-a-chip).

Überfachliche Kompetenzen: Die gebotenen Lehrinhalte befähigen zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen auf den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt. Weiters können die Studierenden Fragestellungen von Gender, Ethik und Diversität im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

Inhalt: Aufbauend auf den im Bachelorstudium erworbenen Kenntnissen über den Aufbau und die Funktionsprinzipien der einzelnen Halbleiterbauelemente wird in diesem Modul die gleichzeitige Herstellung all dieser Komponenten auf einem Halbleitersubstrat, d.h. die Technologie der Prozessintegration, erarbeitet. Gegenstand sind daher alle Schüsselprozesse der modernen Halbleiterfertigung, insbesondere Dotierung, Schichterzeugung, Strukturerzeugung und Strukturübertragung mit den modernsten Techniken. Darauf aufbauend werden die Prozess- und die Device-Architekturen der integrierten Bauelemente bis hin zum Packaging behandelt, sowie wesentliche technologiebezogene Aspekte wie Layout, Designregelwerk, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit speziell ausgearbeitet. Abschließend werden die erworbenen Kenntnisse an Hand einschlägiger aktueller Publikationen überprüft.

Erwartete Vorkenntnisse: Grundlegende fachliche und methodische Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere aus den Bereichen Halbleiterphysik, elektronische Bauelemente, sowie der Sensorik und Sensorsystemen werden erwartet. Verständnis für anwendungsbezogene Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie wird vorausgesetzt.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente

Machine Vision

Regelarbeitsaufwand: 4,5 ECTS

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: 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.

Die Studierenden 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.

Überfachliche Kompetenzen: 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. Weiters können die Studierenden Fragestellungen von Gender, Ethik und Diversität im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

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

Erwartete Vorkenntnisse: 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.

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.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre

bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
4,5/3,0 VU Machine Vision

Microsystems

Regelarbeitsaufwand: 3,0 ECTS

Lernergebnisse:
Fachkompetenzen: Die Bildungsziele sind ein tiefergehendes Verständnis der fachlichen Grundlagen im Bereich der Mikrosystemtechnik, ausgehend von ausgewählten Technologien bis hin aktuellen Bauelemente-Konzepten der Mikrosensorik, -aktorik und daraus resultierenden Systemen mit modernen Aufbau- und Verbindungskonzepten vermittelt. Ferner werden aktuelle Anwendungsgebiete der Mikro- und Nanosystemtechnik ausführlich vorgestellt. Fundierte Kenntnisse der Mikrosystemtechnik und der Bauelementmodellierung befähigen zum Entwurf und Verständnis von modernen Mikrosystemen.
Überfachliche Kompetenzen: Die gebotenen Lehrinhalte befähigen zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen auf den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt. Weiters können die Studierenden Fragestellungen von Gender, Ethik und Diversität im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

Inhalt: Aufbauend auf den erworbenen Kenntnissen aus dem Bereich Mikrosensoren und Halbleiterbauelemente sollen spezifische Technologien der Mikrosystemtechnik vorgestellt und vertiefend behandelt werden. Darauf aufbauend werden moderne Konzepte zur Realisierung von mikrosensorischen/mikroaktorischen Bauelemente vermittelt und die entsprechenden Bauelemente-Eigenschaften ausführlich diskutiert. Die daraus resultierenden Systeme mit ihren besonderen Aufbau- und Verbindungskonzepten bzw. die Implementierung der Mikrosysteme in technische Systeme, wie das Automobil, das Flugzeug oder in moderne Kommunikationsgeräte, wie Mobiltelefone, ist ebenfalls Gegenstand der Lehrveranstaltung. Aktuelle Fragestellungen werden auch an Hand von Publikationen aus einschlägigen Fachjournalen selbständig erworben.

Erwartete Vorkenntnisse: Grundlegende fachliche und methodische Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere aus den Bereichen Halbleiterphysik, elektronische Bauelemente, sowie der Sensorik und Sensorsystemen werden erwartet.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 VU Mikrosystemtechnik

Mobile Robotics

Regelarbeitsaufwand: 6,0 ECTS

Lernergebnisse: This course covers fundamental concepts and techniques in mobile robotics to develop autonomous systems.

Fachkompetenzen: After successful completion of the course, students will be able to analyse and evaluate software components for autonomous mobile vehicles. The acquired competencies enable participants to apply and implement filtering techniques, particularly for self-localization and path planning, as well as to create nodes for the Robot Operating System (ROS2) and similar robotics frameworks.

Überfachliche Kompetenzen: Students acquire the ability to collaborate with robotics open-source communities and design and share new robotics applications using C++, Python, CMake and git. Furthermore, students will be able to identify, articulate, and discuss issues concerning ethics, gender, and diversity in the context of the module's content.

Inhalt:

- Behaviour-Based Robotics
- Sensors Model (Laser Scanner) and Motion Model (Differential Drive)
- Mapping and Map Representation
- Self-localization (Discrete Filter, Particle Filter and Extended Kalman Filter)
- SLAM (Fast-SLAM, Kalman-based SLAM and Graph-based SLAM)
- Motion Planning and Path Planning
- Multi-Robot-Planning (ORCA, MStar, ...)

Erwartete Vorkenntnisse: Object-oriented programming skills and basic mathematical knowledge of statistics and probability theory.

These prerequisites are taught in the following modules:

- Programming (*Einführung in die Programmierung*)

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Mobile Robotics

Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik

Regelarbeitsaufwand: 3,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

Verständnis des physikalischen, chemischen und mathematischen Hintergrundes von ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen im Bereich der 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.

Überfachliche Kompetenzen: Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt. Weiters können die Studierenden Fragestellungen von Gender, Ethik und Diversität im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

Inhalt: Das Modul vermittelt umfassende Kenntnisse der Prozesse und Technologien, die die Basis für die moderne Nanoelektronik, Nanophotonik und Mikrosystemtechnik bilden. Ausgehend von 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 Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder der technischen Physik.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre

bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

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

Regelungssysteme

Regelarbeitsaufwand: 4,5 ECTS

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls kennen die Studierenden die grundlegenden Regelungskonzepte und Systemarchitekturen und können diese eigenständig anwenden. Die Studierenden kennen und verstehen die Methoden zur optimalen Parameterschätzung, den Beobachterentwurf (Kalmanfilter) sowie den Reglerentwurf (LQR). Studierende können die gelernten Konzepte und Methoden selbstständig einordnen, erklären, bewerten, sowie an konkreten praktischen Problemstellungen für automatisierungstechnische und robotische Systeme anwenden und selbstständig weiter vertiefen.

Die Studierenden sind in der Lage, die in der automatisierungstechnischen Praxis auftretenden Fragestellungen der mathematischen Beschreibung und Identifikation sowie der optimalen Regelung und Zustandsbeobachtung mathematisch zu formulieren, geeignete Analyse- und Lösungsmethoden auszuwählen und zu beurteilen, diese selbstständig umzusetzen sowie deren Auswirkung hinsichtlich sozialer und ökologischer Aspekte abzuwägen. Im Weiteren haben die Studierenden nach positiver Absolvierung dieses Moduls die Fähigkeit, sich weiterführende Konzepte und Verfahren der Regelung von robotischen Systemen sowie der optimalen Regelung und Parameter- und Zustandsschätzung eigenständig anzueignen und anzuwenden.

Überfachliche Kompetenzen: 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. Weiters können die Studierenden Fragestellungen von Gender, Ethik und Diversität im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

Inhalt:

- Parametrische und nicht parametrische Identifikationsverfahren (ETFE, LS, RLS, LMS);
- Optimale Schätzung (Gauß-Markov Schätzung, Minimum-Varianz Schätzung, Kalmanfilter, extended Kalmanfilter, unscented Kalmanfilter)

- Optimaler Zustandsregler (LQR mit finitem und infinitem Horizont)
- Anwendung sämtlicher Methoden an konkreten Laborversuchen unter Verwendung moderner Softwarewerkzeuge und Automatisierungssysteme

Erwartete Vorkenntnisse: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt. Erfahrungen mit MATLAB/Simulink sowie einem Computeralgebraprogramm sind wünschenswert.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 VO Regelungssysteme
1,5/1,0 LU Regelungssysteme

Responsible Research Practice

Regelarbeitsaufwand: 3,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls können Studierende industrielle Automationssysteme entwickeln und umsetzen. Die Studierenden kennen die Grundlagen industrieller Kommunikation und können, basierend auf den konkreten Anforderungen, die infrage kommenden Kommunikationssysteme auswählen und umsetzen. Sie sind außerdem in der Lage automationstechnische Anlagen zu planen, entwerfen und zu entwickeln. Dies umfasst die grundlegende Architektur der Steuerungs- und Kommunikationssysteme sowie die Modellierung und den Entwurf von Automationsprogrammen nach dem Normen IEC 61131 und IEC 61499. Weiters kennen sie die fundamentalen Konzepte der Moralphilosophie und Science and Technology Studies. Die Studierenden sind in der Lage, neu auftretende Technologien und Entwurfsmethoden sich selbstständig anzueignen und anzuwenden, sowie diese auf deren sozialen Auswirkungen kritisch zu hinterfragen und zu bewerten.

Überfachliche Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage, ihr eigenes Handeln und die eigenen Fähigkeiten zu reflektieren sowie die Folgen ihres Handelns in fachlicher, ethischer und ökologischer Hinsicht abzuschätzen. Sie können in interdisziplinären Teams effizient arbeiten, effektiv kommunizieren und und ihr einschlägiges Wissen wirksam präsentieren.

Inhalt:

- Grundlegende philosophische, soziale und arbeitsrechtliche Aspekte in Bezug auf die Moral und die Rolle von Wissenschaft und Technik in der Gesellschaft
- Methoden der RRI (Responsible Research and Innovation) zur Beurteilung von kontroversen Technologietrends
- Bewertung einer fiktiven technologischen Innovation zur Vertiefung der erlernten RRI Methoden

Erwartete Vorkenntnisse:

Grundkenntnisse über Forschung und Entwicklung in den für Embedded Computing Systems relevanten technischen Gebieten, wie es in fachlich geeigneten Bachelorstudien vermittelt wird.

Selbstorganisation, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die Leistungsbeurteilung erfolgt prüfungsimmanent, auf der Basis von Vorträgen, Erarbeiten von Literatur im Selbststudium, Gruppenarbeiten und Gruppendiskussionen.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 VU Responsible Research Practice

Signal Processing

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: 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. 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.

Überfachliche Kompetenzen: Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt. Weiters können die Studierenden Fragestellungen von Gender, Ethik und Diversität im Kontext der Inhalte des Moduls identifizieren, formulieren und diskutieren.

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, Zyklostationarität, 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: Kenntnisse des Inhalts der Vorlesungen Signale und Systeme des Bachelorstudiums Elektrotechnik und Informationstechnik bzw. Technische Informatik sowie der Grundlagen der Nachrichtentechnik (VU Telekommunikation) 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. Grundlegende Fähigkeiten der Mathematik wie beispielsweise, Eigenwertaufgaben, Matrizeninversion, Ableiten und Integrieren. Anwendungen von Laplace, Fourier und Z-Transformation.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre

bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
4,5/3,0 VU Signal Processing 1
4,5/3,0 VU Signal Processing 2

Stochastische Grundlagen von Cyber-Physical Systems

Regelarbeitsaufwand: 6 ECTS

Lernergebnisse:
Fachkompetenzen: Verständnis der stochastischen Grundlagen von Cyber-Physical Systeme, künstliche Intelligenz und Robotik. Bestimmen der Komplexität der verwendeten algorithmischen Techniken. Fähigkeit, stochastische Modelle von CPS zu lernen. Fähigkeit, eine stochastische Analyse von CPS durchzuführen. Fähigkeit, optimale Controller für CPS zu entwerfen.

- Entwicklung stochastischer Algorithmen zum automatisierten Lernen von CPS-Modellen.
- Entwicklung von exakten und approximativen Algorithmen für die Analyse von CPS-Modellen.
- Entwicklung stochastischer Algorithmen zur optimalen Steuerung von CPS.

Überfachliche Kompetenzen: Erfassung und Erfahrung in der Anwendung der Theorie zum Lösen wissenschaftlicher und praktischer Probleme.

- Weiterentwicklung formal-mathematischer Problemlösungsfähigkeiten.
- Fähigkeit, wissenschaftliche Arbeiten zu diesem Thema zu lesen.

Inhalt: Dieses Modul bietet eine fortgeschrittene Einführung in die stochastischen Grundlagen von CPS, begleitet von algorithmischer Analyse, effiziente Lerntechniken und moderne optimale Steuerung.

- Probabilistische Interpretation der Unsicherheit.
- Rationale Agenten als intelligente CPS.
- Statische (sBN) und dynamische Bayes-Netzwerke (dBN).
- Unsichere Umgebungen als BN.
- Genaue und approximierte Inferenz in BN.
- Maschinelles Lernen von sBN und dBN.
- Entscheidungsfindung und optimale Steuerung.
- Supervised und Reinforcement Learning.
- Spracherkennung und Robotik.

Erwartete Vorkenntnisse:

Wahrscheinlichkeitstheorie, stochastische Signale, Regelungstechnik, diskrete Mathematik.

Fähigkeiten in mathematischem Denken und Programmierung.

Fähigkeit zur selbstständigen Arbeit, Interesse an der Verbindung von Theorie und Praxis.

Diese Voraussetzungen werden in den folgenden Modulen bzw. Lehrveranstaltungen bereitgestellt: *Wahrscheinlichkeitstheorie und Stochastische Prozesse*, *Discrete Mathematics* und 5 VU Automatisierung

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Wöchentliche Vorlesung mit kontinuierlicher begleitender Übung (Programmierung und Homework-Assignments), wodurch die in der Vorlesung vermittelten Inhalte effizient erlernt und die individuelle Problemlösungskompetenz in der CPS Modellierung, Analyse und Steuerung trainiert wird. Abgabe von LaTeX-Dokumenten, gegenseitiges Peer-Reviewing der Abgaben, begleitendes Lesen eines Buches.

Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

6,0/4,0 VU Stochastic Foundations of Cyber-Physical Systems

Wahlmodul Advanced Programming

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, parallele Algorithmen und parallele Multi-Core Architekturen zu verstehen, zu entwickeln, zu verifizieren, zu implementieren, und zu testen.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul in der Core Area Computing, Networking and Systems vermittelt weiterführende Programmierkenntnisse, insbesondere mit Fokus auf parallelen Multi-Core Architekturen und Graphikkarten (GPUs). Zudem werden verwandete weiterführende Grundlagen wie parallele Algorithmen vermittelt.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen. Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU GPU Architectures and Computing
3,0/2,0 VU Parallele Algorithmen

Wahlmodul Advanced Signal Processing

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, moderne Methoden der Signalverarbeitung zu verstehen, für konkrete Anwendungen zu adaptieren, und zu implementieren.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Das Wahlmodul Advanced Signal Processing vermittelt vertieftes Wissen über ausgewählte Bereiche der Signalverarbeitung und bietet somit eine Erweiterung und Vertiefung der im Pflichtmodul *Signal Processing* gelehrten Inhalte. Es präsentiert moderne Methoden der Signalverarbeitung, die in der aktuellen Fachliteratur und technischen Praxis verwendet werden. Beispiele behandelter Themengebiete sind Signaldetektion und die Verarbeitung von spärlichen Signalen.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 VO Parameter Estimation Methods
3,0/2,0 VO Signal Detection
3,0/2,0 VO Source Coding
3,0/2,0 SE Signal Processing Seminar
3,0/2,0 VO Probabilistic Machine Learning

Wahlmodul Analog and Mixed-Signal Circuit Design

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, analoge und mixed-signal integrierten Schaltungen

zu verstehen, zu dimensionieren, zu modellieren, zu verifizieren, zu realisieren, und zu testen.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Modul vermittelt (a) Grundlagen des Designs von analogen integrierten Schaltungen, (b) die analytischen Grundlagen zur Dimensionierung integrierter Schaltungen, (c) die Methoden zu ihrer Modellierung, (d) die Beherrschung des Layouts und der Verifikation analoger integrierter Schaltungen, (e) die Grundlagen zum Test integrierter Schaltungen und (f) vertieft die Kenntnisse der analogen integrierten und mixed-signal Schaltungstechnik.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 UE Labor Analoge Integrierte Schaltungen

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

Wahlmodul Automation Systems

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, vertikale und horizontale Integration im automatisierungstechnischen Umfeld zu verstehen, zu modellieren, zu analysieren, und zu realisieren.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul in der Extension Area Automation and Robotics vermittelt den Studierenden ein tiefgreifendes Verständnis zu den Themen vertikale und horizontale Integration im automatisierungstechnischen Umfeld. Das Zusammenspiel von *Ubiquitous Computing*, *Fog/Cloud Computing* sowie *Internet of Things and Services* eröffnet neue Anwendungsfelder und Möglichkeiten für die Automatisierungstechnik, bringt aber auch quantitativ und qualitativ neue Herausforderungen hinsichtlich ihrer Integration in eine einheitliche Gesamtarchitektur.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt

werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
3,0/2,0 VU Industrielle Kommunikationstechnik
6,0/4,0 VU Mechatronische Systeme
3,0/2,0 LU Labor Mechatronische Systeme

Wahlmodul Computer Vision

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, Bildverarbeitungslösungen in Automatisierungssystemen und Robotik zu verstehen, zu modellieren, zu analysieren, und zu realisieren.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul in der Extension Area Automation and Robotics vermittelt Konzepte und Techniken im Bereich der Bildverarbeitung (Computer Vision). Die Lehrveranstaltungen in diesem Modul befassen sich mit den Herausforderungen der Bildverarbeitung im Zusammenhang mit Automatisierungslösungen und Robotik.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden.

Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Robot Vision: Selected Topics
3,0/2,0 VU Robot Vision: Industry and Research
6,0/4,0 VU 3D Vision
6,0/4,0 VU Machine Learning for Visual Computing

Wahlmodul Control and Learning

Lernergebnisse:
Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, die mathematischen Grundlagen der Regelungstechnik zu verstehen und moderne Regelungssysteme zu modellieren, zu entwickeln, zu simulieren, und zu analysieren.
Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul im Core-Bereich Cyber-Physical Systems vermittelt sowohl grundlegendes als auch vertiefendes Wissen an der Schnittstelle von Regelungstechnik und maschinellem Lernen und betont dabei, wie Lernverfahren klassische und moderne Regelungsmethoden erweitern und verbessern können. Insbesondere lernen die Studierenden regelungstechnische Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens kennen, wie etwa Reinforcement Learning, die auf datengetriebenen Ansätzen basieren und nicht auf expliziten dynamischen Modellen.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
4,5/3,0 VO Nonlinear Dynamic Systems and Control
4,5/3,0 LU Nonlinear Dynamic Systems and Control
4,5/3,0 VU Advanced Methods in Nonlinear Control
4,5/3,0 VU Robot Learning
4,5/3,0 VU Weiterführende Methoden des Robot Learnings

Wahlmodul CPS Applications

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, die in spezifischen Anwendungen verborgenen Cyber-Physical Systems zu charakterisieren, zu simulieren und zu implementieren.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul in der Core Area Cyber-Physical Systems bietet die Möglichkeit, einige der zahlreichen Anwendungsfelder genauer kennenzulernen.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Autonomous Racing Cars
3,0/2,0 VO Next Generation Air Traffic Management Systems
3,0/2,0 VU Informationstechnik in Smart Grids
6,0/4,0 PR Praktikum Smart Grids

Wahlmodul CPS Basics

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, die theoretischen Grundlagen und die Komponenten moderner Cyber-Physical Systems zu verstehen und zu beschreiben, und diese zu

modellieren, zu implementieren, zu simulieren, und z.B. bezüglich Zuverlässigkeit und Echtzeitfähigkeit zu analysieren.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul in der Core Area Cyber-Physical Systems bietet einen Einstieg in die Welt derartiger Systeme, die Rechner-, Kommunikations- und Regelungskomponenten mit der realen physikalischen Welt integrieren. Studierende lernen die Grundlagen und Methoden der Modellierung, Analyse und Entwicklung von Cyber-Physical Systems kennen, wobei der Verifikation von Sicherheit und Systemzuverlässigkeit besondere Beachtung geschenkt wird. Anhand praktischer Beispiele und Simulationen wird die Interaktion von Software und Hardware und deren Einbettung in Anwendungen wie industrieller Automation, autonomer Fahrzeuge und des Internet of Things demonstriert.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Logical Foundations of Cyber-Physical Systems
3,0/2,0 VU Fehlertolerante Systeme

Wahlmodul Design of Digital Circuits and SoCs

Lernergebnisse:
Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, Systems on Chips und deren Teilstrukturen zu verstehen, zu entwerfen, zu modellieren, zu verifizieren, im Kontext von HW/SW Codesign zu realisieren, und zu testen.
Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Aufbauend auf den Grundlagen des Digital Designs werden die Standard Architekturen für homogene und heterogene Systems on Chips behandelt, wobei alle wichtigen Teilstrukturen wie Computation, Communication, Storage und Input/Output systematisch studiert werden. Weiters wird auf die SoC Infrastruktur für Kommunikation (Networks on Chip), Clock-Netzwerk, Power-Management, Security-Management, und Teststrukturen eingegangen. Die Methoden des integrierten Enwurfs von Hardware und Softare, HW/SW Codesign, werden vertieft.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt

werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
4,5/3,0 VU Advanced Digital Design
1,5/1,5 LU Advanced Digital Design
3,0/2,0 VU Digitale integrierte Schaltungen
3,0/2,0 UE Labor Digitale integrierte Schaltungen
4,5/2,0 VU SoC Architektur und Design
6,0/4,0 PR SoC Vertiefung Projekt
3,0/1,0 SE SoC Design Seminar
4,5/3,0 VU Advanced FPGA Design
4,5/3,0 VU Industrial Hardware Verification

Wahlmodul Formal Methods

Lernergebnisse:
Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, Systemeigenschaften sowie Semantik von Programmen zu formalisieren, verschiedene formale Verifikationstechniken zu verstehen, diese in konkrete Anwendungskontexten einzusetzen, und deren Relevanz für die Entwicklung zuverlässiger Systeme insgesamt angemessen einzuschätzen.
Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Das Wahlmodul Formal Methods vermittelt grundlegende Methoden und Techniken der formalen Verifikation. Dies umfasst einerseits die Formalisierung von Systemeigenschaften (durch formale Zusicherungen bzw. Assertions und Temporallogik) und der Semantik von Programmen, und das Kennenlernen von geeigneten Verifikationsverfahren (wie deduktives Beweisen in logischen Kalkülen, statische Programmanalyse, und Model Checking). Den Studierenden werden die Wichtigkeit und die Vorteile von formalen Garantien für zuverlässige Systeme vermittelt. Die Lehrveranstaltung behandelt weiters Algorithmen und den praktischen Einsatz von automatisierten Verifikationswerkzeugen zur Erreichung solcher Garantien.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
6,0/4,0 VU Computer-Aided Verification
6,0/4,0 VU Runtime Verification
6,0/4,0 VU Formal Methods for Security and Privacy
6,0/4,0 VU Automated Deduction
6,0/4,0 VU Formal Languages and Automata
3,0/2,0 VU SAT Solving

Wahlmodul Integrated Electronic Devices and Technology

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, die physikalisch-elektrotechnischen Grundlagen moderner integrierter Schaltungen und deren Herstellungstechnologien zu verstehen, zu beschreiben, und zu klassifizieren.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul in der Extension Area Devices and Integrated Circuits vermittelt einen Einblick in die physikalisch-elektrotechnischen Grundlagen moderner integrierter Schaltungen. Insbesondere werden die Funktionalität und Skalierbarkeit moderner MOSFETs als grundlegende CMOS-Komponenten sowie neuartige Technologien zur Herstellung von skalierten Bauelementen beschrieben. In diesem Modul werden auch die Grundlagen der technologischen Herstellungsmodule integrierter Schaltungen vermittelt, die für die Beherrschung analoger und digitaler Schaltungen beim physikalischen-IC-Entwurf unerlässlich sind.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
5,0/3,0 SE Semiconductor electronics and devices
3,0/2,0 UE Semiconductor Technology Labcourse
3,0/2,0 SE Emerging Devices

3,0/2,0 VU Nanoelektronik
3,0/2,0 VU Materials, processes and technologies of microelectronics
3,0/2,0 VO Materialien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik
3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Prozess
3,0/2,0 VO Solid State Electronics
3,0/2,0 VO Nanomechanical Systems

Wahlmodul Microsystems Engineering

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, die Funktionsweise moderner Sensor- und Aktorkomponenten und integrierte mikroelektromechanischer und nanoelektromechanischer Systeme zu verstehen, zu simulieren, und in konkrete Anwendungen zu integrieren.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul in der Extension Area Devices and Integrated Circuits vermittelt einen Einblick in die Mikrosystemtechnik. Ausgehend von einer fundierten Beschreibung von Sensor- und Aktorkomponenten werden integrierte mikroelektromechanische (MEMS) wie auch nanoelektromechanische (NEMS) Systeme behandelt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Funktionsbeschreibung sowie auf Integrations- und Anwendungsaspekten. Theoretische Grundlagen und Ansätze zur Modellierung mittels Finite-Elemente-Simulationen vertiefen das Verständnis der Funktionalität.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

3,0/2,0 UE Labor Mikrosystemtechnik
3,0/2,0 VO Mikro- und Nanosystemtechnik
3,0/2,0 SE Mikro- und Nanosensorik
3,0/2,0 VO Theorie, Modellierung und Simulation mikro- und nanoelektromechanischer Systeme (MEMS/NEMS)
4,0/2,5 UE Practical Introduction to the Finite Element Method

Wahlmodul Mobile Robotics

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, autonome intelligente Systeme zu verstehen, zu modellieren, zu analysieren, und zu realisieren.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul in der Extension Area Automation and Robotics vermittelt Konzepte und Techniken der Mobilen Robotik. Die Lehrveranstaltungen in diesem Modul befassen sich mit den Herausforderungen autonomer intelligenter Systeme und konzentrieren sich auf moderne Lösungen für Bahn- und Bewegungsplanung, Selbstlokalisierung und SLAM sowie die dafür erforderliche Softwarearchitektur. Die Kurse vertiefen das vermittelte Wissen sowohl durch Simulationen als auch durch praktische Übungen mit realer Roboterhardware.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien

- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
4,5/3,0 VU Foundations of Robotics
6,0/4,0 VU Programming Principles of Mobile Robotics
6,0/4,0 VU Advanced Automation und Robotik
6,0/4,0 VU Embodied Systems: A Human-Drone Interaction Perspective

Wahlmodul Networks and IoT

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, Netzwerktheorie, Protokolle und Routing-Verfahren in Computernetzwerken zu verstehen, zu entwickeln, zu modellieren, und z.B. bezüglich Sicherheit zu analysieren.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Wahlmodul in der Core Area Computing, Networking and Systems vermittelt weiterführende Inhalte auf dem Gebiet der Netzwerktechnik wie Protokolle und Routing-Verfahren, Netzwerktheorie sowie des Internets der Dinge (Internet-of-things). Dies beinhaltet auch Inhalte zur Netzwerksicherheit.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:
4,5/3,0 VU Communication Networks 2
6,0/4,0 VU Internet of Things
3,0/2,0 VU Network Security
3,0/2,0 VU Network Security - Advanced Topics
6,0/4,0 PR Sensornetzwerke

Wahlmodul Validation Methods

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die die Studierenden befähigen, verschiedene Techniken für die Validierung von

Software- und Hardwaresystemen zu beschreiben, deren Eignung für konkrete Anwendungskontexte zu bestimmen, und in praktischen Anwendungen einzusetzen.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Das Wahlmodul Validation Methods vermittelt Methoden und Techniken für die Validierung von Software- und Hardware-Systemen. Dies reichen von formalen Techniken wie Static Analysis bis zu experimentell-empirischen Techniken wie Simulationen und Testen. Ein wesentlicher Aspekt dieser Techniken ist der unmittelbare Anwendungsbezug, der von Integrierten Schaltungen bis zu komplexen Software-Systemen reicht und wesentliche Auswirkungen auf die geeigneten Validierungmethoden hat.

Die enthaltenen Lehrveranstaltungen können, unter Beachtung der jeweils erforderlichen Vorkenntnisse, von den Studierenden für das entsprechende Prüfungsfach frei gewählt werden. Allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische und inhaltliche Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Inhaltlich passende Lehrveranstaltungen können auch im Zuge eines Mobilitätsprogrammes an einer mit der TU Wien vergleichbaren Universität absolviert werden. Die Entscheidung über die tatsächliche Anrechnung liegt beim zuständigen studienrechtlichen Organ.

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

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
3,0/2,0 VU Modeling and Simulation
3,0/2,0 VU Advanced Modeling and Simulation

Wahlmodul Verbreiterung

Lernergebnisse:

Fachkompetenzen: Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen, die eine sinnvolle Verbreiterung oder Vertiefung der speziellen Kenntnisse und Fertigkeiten bieten, die in den Pflicht- und Wahlpflichtmodulen des Masterstudiums *Embedded Computing Systems* vermittelt werden.

Überfachliche Kompetenzen: Überfachliche Kompetenzen gemäß der gewählten Lehrveranstaltungen.

Inhalt: Dieses Modul enthält Lehrveranstaltungen, die der Verbreiterung des thematischen Fokusses von Embedded Computing Systems dienen und nicht in die spezifischen Wahlmodule der Areas passen. Sie können von den Studierenden für das Prüfungsfach *Verbreiterung* frei gewählt werden, allerdings müssen zusammengehörige VO+UE beide positiv absolviert werden, um für den Studienabschluß verwendet werden zu können. Im Falle zusammengehöriger VO+LU ist die Absolvierung der LU nicht verpflichtend, wird aber empfohlen.

Aufgenommene Lehrveranstaltungen/Module müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Umfang, Niveau und Aufwand entsprechend Pflichtlehrveranstaltungen in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien
- Lehrveranstaltungen ohne Übungsanteil nur in begründeten Ausnahmefällen
- Wissenschaftlich oder ingenieurwissenschaftlich solide Herangehensweise
- Thema passend zum Qualifikationsprofil des Masterstudiums *Embedded Computing Systems*
- Thematische Distanz zu existierenden Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen
- Pflicht oder Wahl (aber nicht freie Wahl oder transferable Skills) in einem ordentlichen Masterstudium an der TU Wien

Erwartete Vorkenntnisse: Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen. Falls in einer Lehrveranstaltung die vorherige Absolvierung anderer Lehrveranstaltungen explizit empfohlen wird, sollte dieser Empfehlung allerdings im eigenen Interesse gefolgt werden, da im Falle einer Teilnehmer_innenbeschränkung Studierende, die die empfohlenen Vorkenntnisse mitbringen, bevorzugt behandelt werden können!

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die angewendeten Lehr- und Lernformen sind im Informationssystem zu Studien und Lehre bei jeder Lehrveranstaltung vor Beginn des Semesters anzugeben; ebenso die Prüfungsmodalitäten.

Lehrveranstaltungen des Moduls:

3,0/2,0 VU Komplexitätstheorie
4,5/3,0 VO Theorie stochastischer Prozesse
1,5/1,0 UE Theorie stochastischer Prozesse
4,5/3,0 VO Diskrete Methoden
1,5/1,0 UE Diskrete Methoden
4,5/3,0 VU Optimization
6,0/4,0 VU Advanced Cryptography
6,0/4,0 VU Numerical Computation
6,0/4,0 VU Automata and Logic
6,0/4,0 VU Quantum Computing
6,0/4,0 VU Algorithmics
3,0/2,0 VU Mathematical Programming and Optimization in Transport Logicstics
6,0/4,0 VU Heuristic Optimization Techniques
6,0/4,0 VU Algorithmic Geometry
6,0/4,0 VU Geometry Processing
6,0/4,0 VU Knowledge-based Systems
6,0/4,0 VU Computer Vision
6,0/4,0 VU Virtual and Augmented Reality
6,0/4,0 VU Generative AI
6,0/4,0 VU AI Ethics
6,0/4,0 PR Project in Embedded Computing Systems
6,0/4,0 PR Scientific Project in Embedded Computing Systems
9,0/6,0 VU Automatisierung und Robotik Projekt

B Übergangsbestimmungen

1. Sofern nicht anders angegeben, wird im Folgenden unter Studium das *Masterstudium Embedded Computing Systems (Studienkennzahl UE 066 525)* verstanden. Der Begriff neuer Studienplan bezeichnet diesen ab 1.10.2026 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 (alt inkludiert auch frühere Studienpläne). Mit Studienrechtlichem Organ ist das für das Masterstudium Embedded Computing 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 1.7.2026 zum Masterstudium Embedded Computing 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, soferne im Folgenden nicht anders bestimmt, jedenfalls für den Studienabschluss verwendet werden, wenn die Lehrveranstaltung von der_dem Studierenden mit Stoffsemester Sommersemester 2026 oder früher absolviert wurde.

6. Die LVA *4,5/3,0 VU Industrial Hardware Verification* kann von Studierenden, die vor dem 1.10.2026 zum Masterstudium Embedded Computing Systems an der Technischen Universität Wien zugelassen waren, alternativ im *Wahlmodul Validation Methods* in der Core Area *"Verification and Validation"* verwendet werden.

C Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

1. Semester (WS)

6,0 VU Discrete Mathematics
6,0 VU Advanced Computer Architecture
3,0 VU Responsible Research Practice

D Semesterempfehlung für schiefeinsteigende Studierende

Da keine Pflicht-Lehrveranstaltung dieses Studiums im Sommersemester angeboten wird, ist das Schiefeinsteigen zwar grundsätzlich möglich, aber nicht empfehlenswert.

E Prüfungsfächer mit den zugeordneten Modulen und Lehrveranstaltungen

Die mit einem Stern (*) markierten Module sind Wahlmodule, die mit einem Plus (+) markierten Module sind *Wahlpflichtmodule*. Die unmarkierten Module sind Pflichtmodule.

Prüfungsfach „Basics“

Modul „Discrete Mathematics“ (6,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Discrete Mathematics

Modul „Advanced Computer Architecture“ (6,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Advanced Computer Architecture

Modul „Responsible Research Practice“ (3,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Responsible Research Practice

*Modul „Anpassungsmodul Grundlagen der Elektrotechnik“

3,0/2,0 VU Elektronische Bauelemente
3,0/2,0 VO Sensorik und Sensorsysteme
3,0/2,0 VO Halbleiterphysik für Informatik
4,0/2,0 VU Schaltungstechnik
4,0/3,0 VU Telekommunikation

*Modul „Anpassungsmodul Grundlagen der Informatik“

3,0/2,0 VU Hardware Modeling
6,0/4,0 VU Betriebssysteme
3,0/2,0 VO Echtzeitsysteme
3,0/2,0 VU Industrielle Automation
6,0/4,0 VU Theoretische Informatik
4,5/3,0 VU Machine Learning
8,0/5,5 VU Algorithmen und Datenstrukturen
6,0/4,0 VU Parallel Computing
3,0/2,0 VU Einführung in die Mobile Robotik

*Modul „Wahlmodul Verbreiterung“

3,0/2,0 VU Komplexitätstheorie
4,5/3,0 VO Theorie stochastischer Prozesse
1,5/1,0 UE Theorie stochastischer Prozesse
4,5/3,0 VO Diskrete Methoden
1,5/1,0 UE Diskrete Methoden
4,5/3,0 VU Optimization
6,0/4,0 VU Advanced Cryptography

6,0/4,0 VU Numerical Computation
6,0/4,0 VU Automata and Logic
6,0/4,0 VU Quantum Computing
6,0/4,0 VU Algorithmics
3,0/2,0 VU Mathematical Programming and Optimization in Transport Logicstics
6,0/4,0 VU Heuristic Optimization Techniques
6,0/4,0 VU Algorithmic Geometry
6,0/4,0 VU Geometry Processing
6,0/4,0 VU Knowledge-based Systems
6,0/4,0 VU Computer Vision
6,0/4,0 VU Virtual and Augmented Reality
6,0/4,0 VU Generative AI
6,0/4,0 VU AI Ethics
6,0/4,0 PR Project in Embedded Computing Systems
6,0/4,0 PR Scientific Project in Embedded Computing Systems
9,0/6,0 VU Automatisierung und Robotik Projekt

Prüfungsfach „Circuit Design (Core Area)“

+Modul „HW/SW-Codesign“ (6.0 ECTS)

1.5/1.5 VU HW/SW-Codesign
4.5/4.5 LU HW/SW-Codesign

+Modul „Analoge Integrierte Schaltungen“ (3,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen

*Modul „Wahlmodul Design of Digital Circuits and SoCs“

4,5/3,0 VU Advanced Digital Design
1,5/1,5 LU Advanced Digital Design
3,0/2,0 VU Digitale integrierte Schaltungen
3,0/2,0 UE Labor Digitale integrierte Schaltungen
4,5/2,0 VU SoC Architektur und Design
6,0/4,0 PR SoC Vertiefung Projekt
3,0/1,0 SE SoC Design Seminar
4,5/3,0 VU Advanced FPGA Design
4,5/3,0 VU Industrial Hardware Verification

*Modul „Wahlmodul Analog and Mixed-Signal Circuit Design“

3,0/2,0 UE Labor Analoge Integrierte Schaltungen
6,0/4,0 VU Schaltungstechnik Vertiefung
3,0/2,0 SE Seminar Mixed-Signal ICs

Prüfungsfach „Verification and Validation (Core Area)“

+Modul „Formal Methods in Systems Engineering“ (6,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Formal Methods in Systems Engineering

+Modul „Advanced Software Engineering“ (6,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Advanced Software Engineering

*Modul „Wahlmodul Formal Methods“

6,0/4,0 VU Computer-Aided Verification
6,0/4,0 VU Runtime Verification
6,0/4,0 VU Formal Methods for Security and Privacy
6,0/4,0 VU Automated Deduction
6,0/4,0 VU Formal Languages and Automata
3,0/2,0 VU SAT Solving

*Modul „Wahlmodul Validation Methods“

4,5/3,0 VO Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation
4,5/3,0 UE Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation
3,0/2,0 VU Modeling and Simulation
3,0/2,0 VU Advanced Modeling and Simulation

Prüfungsfach „Computing, Networking and Systems (Core Area)“

+Modul „Advanced Multiprocessor Programming“ (4,5 ECTS)

4,5/3 VU Advanced Multiprocessor Programming

+Modul „Communication Networks 1“ (4,5 ECTS)

4,5/3,0 VO Communication Networks 1

*Modul „Wahlmodul Networks and IoT“

4,5/3,0 VU Communication Networks 2
6,0/4,0 VU Internet of Things
3,0/2,0 VU Network Security
3,0/2,0 VU Network Security - Advanced Topics
6,0/4,0 PR Sensornetzwerke

*Modul „Wahlmodul Advanced Programming“

6,0/4,0 VU GPU Architectures and Computing
3,0/2,0 VU Parallele Algorithmen

Prüfungsfach „Cyber-Physical Systems (Core Area)“

+Modul „Stochastische Grundlagen von Cyber-Physical Systems“ (6 ECTS)

6,0/4,0 VU Stochastic Foundations of Cyber-Physical Systems

+Modul „Regelungssysteme“ (4,5 ECTS)

3,0/2,0 VO Regelungssysteme
1,5/1,0 LU Regelungssysteme

***Modul „Wahlmodul CPS Basics“**

6,0/4,0 VU Logical Foundations of Cyber-Physical Systems
3,0/2,0 VU Fehlertolerante Systeme

***Modul „Wahlmodul Control and Learning“**

4,5/3,0 VO Nonlinear Dynamic Systems and Control
4,5/3,0 LU Nonlinear Dynamic Systems and Control
4,5/3,0 VU Advanced Methods in Nonlinear Control
4,5/3,0 VU Robot Learning
4,5/3,0 VU Weiterführende Methoden des Robot Learnings

***Modul „Wahlmodul CPS Applications“**

6,0/4,0 VU Autonomous Racing Cars
3,0/2,0 VO Next Generation Air Traffic Management Systems
3,0/2,0 VU Informationstechnik in Smart Grids
6,0/4,0 PR Praktikum Smart Grids

Prüfungsfach „Devices and Integrated Circuits (Extension Area)“

+Modul „Integrated Devices“ (3,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente

+Modul „Microsystems“ (3,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Mikrosystemtechnik

+Modul „Prozesstechnologien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik“ (3,0 ECTS)

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

***Modul „Wahlmodul Microsystems Engineering“**

3,0/2,0 UE Labor Mikrosystemtechnik
3,0/2,0 VO Mikro- und Nanosystemtechnik
3,0/2,0 SE Mikro- und Nanosensorik
3,0/2,0 VO Theorie, Modellierung und Simulation mikro- und nanoelektromechanischer Systeme (MEMS/NEMS)

4,0/2,5 UE Practical Introduction to the Finite Element Method

***Modul „Wahlmodul Integrated Electronic Devices and Technology“**

5,0/3,0 SE Semiconductor electronics and devices
3,0/2,0 UE Semiconductor Technology Labcourse
3,0/2,0 SE Emerging Devices
3,0/2,0 VU Nanoelektronik
3,0/2,0 VU Materials, processes and technologies of microelectronics
3,0/2,0 VO Materialien der Mikroelektronik, Photonik und der Mikrosystemtechnik
3,0/2,0 VU Mikroelektronik Zuverlässigkeit: Prozess
3,0/2,0 VO Solid State Electronics
3,0/2,0 VO Nanomechanical Systems

Prüfungsfach „Digital Signal Processing (Extension Area)“

+Modul „Signal Processing“ (9,0 ECTS)

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

***Modul „Wahlmodul Advanced Signal Processing“**

3,0/2,0 VO Parameter Estimation Methods
3,0/2,0 VO Signal Detection
3,0/2,0 VO Source Coding
3,0/2,0 SE Signal Processing Seminar
3,0/2,0 VO Probabilistic Machine Learning

Prüfungsfach „Automation and Robotics (Extension Area)“

+Modul „Information Technology in Automation“ (6 ECTS)

6,0/4,0 VU Information Technology in Automation

+Modul „Mobile Robotics“ (6,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Mobile Robotics

+Modul „Machine Vision“ (4,5 ECTS)

4,5/3,0 VU Machine Vision

***Modul „Wahlmodul Automation Systems“**

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

***Modul „Wahlmodul Mobile Robotics“**

4,5/3,0 VU Foundations of Robotics

6,0/4,0 VU Programming Principles of Mobile Robotics
6,0/4,0 VU Advanced Automation und Robotik
6,0/4,0 VU Embodied Systems: A Human-Drone Interaction Perspective

***Modul „Wahlmodul Computer Vision“**

6,0/4,0 VU Robot Vision: Selected Topics
3,0/2,0 VU Robot Vision: Industry and Research
6,0/4,0 VU 3D Vision
6,0/4,0 VU Machine Learning for Visual Computing

Prüfungsfach „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“

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

Prüfungsfach „Diplomarbeit“

27,0 ECTS Diplomarbeit
3,0 ECTS Kommissionelle Abschlussprüfung

F Wahlfachkatalog „Transferable Skills“

Die Lehrveranstaltungen, die im Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* aus dem Themenbereich „Transferable Skills“ zu wählen sind, können unter anderem aus dem folgenden Katalog gewählt werden.

3,0/2,0 SE Coaching als Führungsinstrument 1
3,0/2,0 SE Coaching als Führungsinstrument 2
3,0/2,0 SE Didaktik in der Informatik
1,5/1,0 VO EDV-Vertragsrecht
3,0/2,0 VO Einführung in die Wissenschaftstheorie I
3,0/2,0 VO Einführung in Technik und Gesellschaft
3,0/2,0 SE Folgenabschätzung von Informationstechnologien
3,0/2,0 VU Forschungsmethoden
3,0/2,0 VO Frauen in Naturwissenschaft und Technik
3,0/2,0 SE Gruppendynamik
3,0/2,0 VU Kommunikation und Moderation
3,0/2,0 SE Kommunikation und Rhetorik
1,5/1,0 SE Kommunikationstechnik
3,0/2,0 VU Kooperatives Arbeiten
3,0/2,0 VU Präsentation und Moderation
1,5/1,0 VO Präsentation, Moderation und Mediation
3,0/2,0 UE Präsentation, Moderation und Mediation
3,0/2,0 VU Präsentations- und Verhandlungstechnik
4,0/4,0 SE Privatissimum aus Fachdidaktik Informatik
3,0/2,0 VU Rhetorik, Körpersprache, Argumentationstraining
3,0/2,0 VU Softskills für TechnikerInnen
3,0/2,0 VU Techniksoziologie und Technikpsychologie
3,0/2,0 VO Theorie und Praxis der Gruppenarbeit
3,0/2,0 VO Zwischen Karriere und Barriere

G Erweiterungsstudium Innovation

Studierende, die ihre im Masterstudium erworbenen Kompetenzen für die Gründung eines Startups bzw. im Management eines Unternehmens oder für Projekttätigkeit im universitären Umfeld anwenden wollen, können die für diese Tätigkeiten notwendigen zusätzlichen Kompetenzen im Rahmen des Erweiterungsstudiums *Innovation* erwerben, welches begleitend zum Masterstudium absolviert werden kann.

Der (zusätzliche) Arbeitsaufwand für das englischsprachige Erweiterungsstudium *Innovation* beträgt 30 ECTS-Punkte (dies entspricht einem Semester). Der Abschluss des Erweiterungsstudiums *Innovation* kann auch noch nach Abschluss des Masterstudiums erfolgen.