



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Bachelor

Master

Doktorat

Universitäts-
lehrgang

Studienplan (Curriculum)
für das
Masterstudium
Information and Communication Engineering
UE 066 507

Technische Universität Wien
Beschluss des Senats der Technischen Universität Wien
am 17. Juni 2024

Gültig ab 1. Oktober 2024

Inhaltsverzeichnis

§1 Grundlage und Geltungsbereich	3
§2 Qualifikationsprofil	3
§3 Dauer und Umfang	5
§4 Zulassung zum Masterstudium	5
§5 Aufbau des Studiums	6
§6 Lehrveranstaltungen	14
§7 Prüfungsordnung	17
§8 Studierbarkeit und Mobilität	19
§9 Diplomarbeit	19
§10 Akademischer Grad	19
§11 Qualitätsmanagement	20
§12 Inkrafttreten	20
§13 Übergangsbestimmungen	21
A Modulbeschreibungen	22
B Übergangsbestimmungen	77
C Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen	80
D Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen	82
E Vorschläge für mögliche Studienpfade und Erläuterung zugehöriger Berufsbilder	87

§1 Grundlage und Geltungsbereich

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

§2 Qualifikationsprofil

Das Masterstudium *Information and Communication Engineering* vermittelt eine breite, wissenschaftlich und methodisch hochwertige und auf dauerhaftes Wissen ausgerichtete Spezialausbildung, welche auf das Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik aufbaut und Absolventinnen und Absolventen für den internationalen Arbeitsmarkt konkurrenzfähig macht. Verfahren und Methoden der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) finden in vielen Bereichen der Ingenieurwissenschaften immer breitere Anwendung und dienen dort häufig als Basistechnologie oder ermöglichen völlig neue Innovationen (enabling technology). Das Masterstudium *Information and Communication Engineering* trägt dieser Entwicklung durch eine flexible Modulstruktur Rechnung, die sowohl die grundlegenden Methoden der Informations- und Signalverarbeitung in Telekommunikationssystemen als auch deren Anwendungsfelder in verschiedenen Bereichen der Elektrotechnik, vertreten durch die Institute der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, abdeckt. Die Studierenden erhalten dadurch die Möglichkeit, die erlernten Methoden mit spezifischem Expertenwissen aus diesen Bereichen zu verknüpfen. Dadurch eröffnen sich berufliche Tätigkeiten sowohl im Umfeld der klassischen Telekommunikationssysteme – wie Kommunikationsnetze, drahtlose Kommunikation und Hochfrequenztechnik – als auch in breitgefächerten Anwendungsgebieten der IKT, darunter das Internet der Dinge (IoT), Cyber-Sicherheit, intelligente Städte, Gesundheitswesen, Unterhaltungstechnologien sowie vernetzte Energiesysteme.

Das Masterstudium *Information and Communication Engineering* befähigt – ohne lange Einarbeitungszeit – zu einer einschlägigen Ingenieurstätigkeit im IKT-Sektor mit folgenden Berufsprofilen:

- Führung oder Mitarbeit bei Entwicklungs- und Projektierungsaufgaben.
- Applikationsnahe Umsetzung in Hard- und Softwaresystemen.
- Höherwertige Tätigkeiten im Bereich industrieller Prozesse.
- Eigenständige Forschungstätigkeit an Universitäten und in der Industrie.

Weiters befähigt das Masterstudium *Information and Communication Engineering* zur Weiterqualifizierung im Rahmen fachnaher Doktoratsstudiengänge. Dieses internationale und forschungsorientierte Masterstudium hat auch den Anspruch, den Anteil an Frauen in den Ingenieurwissenschaften zu erhöhen und der Gesellschaft ein positives Bild

der Ingenieurwissenschaften zu vermitteln. Um internationale Studierende insbesondere aus Mitteleuropa anzuziehen, werden zentrale Pflichtlehrveranstaltungen dieses Masterstudiums in englischer Sprache angeboten, wodurch es möglich ist ein Gesamtstudium in englischer Sprache zu absolvieren.

Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium *Information and Communication Engineering* Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt.

Fachliche und methodische Kompetenzen

Im Masterstudium *Information and Communication Engineering* erlangen die Studierenden solide Fachkenntnisse in ihrem Fachgebiet und ein tiefgehendes Verständnis der technischen und naturwissenschaftlichen Vorgänge. Dazu wird den Studierenden fundiertes Wissen in den Disziplinen Signalverarbeitung, maschinelles Lernen, Nachrichtentechnik, Mobilfunk, Hochfrequenztechnik, Kommunikationsnetze, Cyber-Sicherheit und Photonik vermittelt. Darüber hinaus werden die Studierenden zur Integration dieser Einzeldisziplinen im Rahmen der Konzeption, der Implementierung, und des Testens vollständiger IKT-Systeme befähigt. Sie kennen den letzten Stand der Technik in ihrem Bereich und die wesentlichen Normen und Standards. Außerdem beherrschen sie die wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden und verfügen so über eine gute Ausgangsbasis für eine weitere berufliche Tätigkeit, aber auch für eine weiterführende Qualifikation im Rahmen eines fachnahen Doktoratsstudiums. Durch die flexible Gestaltung des Studienplans mit vielen Wahlmöglichkeiten können die Studierenden zusätzliche Kompetenzen und Spezialwissen in der IKT nahestehenden Fachgebieten wie Schaltungstechnik, Regelungstechnik, Automatisierungstechnik, Mikroelektronik, Artificial Intelligence, Computertechnik, Energietechnik oder Biomedizintechnik erwerben. Dies befähigt sie, die Methoden der IKT interdisziplinär anzuwenden, sei es in den Bereichen Mobilfunk, intelligente Verkehrssysteme, autonome Fahrzeuge, Smart Grids, Data Science, künstliche Intelligenz, Robotik, Multimediasysteme, Big Data, medizinische Bildgebung oder anderen verwandten Gebieten.

Kognitive und praktische Kompetenzen

Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums *Information and Communication Engineering* können Aufgabenstellungen in der IKT einschließlich angrenzender Fachgebiete wissenschaftlich analysieren, formal beschreiben und dafür geeignete Modelle entwickeln. Sie sind darin geübt, mit angemessenen Methoden unter Einbeziehung aktueller Hilfsmittel der Informations- und Signalverarbeitung und unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen, Lösungen für diese Aufgabenstellung kreativ zu erarbeiten. Sie haben im Rahmen ihres Studiums wissenschaftliche Arbeiten verfasst und verfügen so über Fertigkeiten im wissenschaftlichen Arbeiten. Darüber hinaus sind sie mit den wesentlichen mathematischen Methoden ihres Fachgebietes vertraut. Sie sind in der Lage, sich die Informationen und Kenntnisse zu verschaffen, die zum Einstieg in eine neue Technik notwendig sind. Sie können neue Entwicklungen in ihr Wissensschema einordnen und sich selbständig und effizient in neue Wissensbereiche einarbeiten.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen

Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums *Information and Communication Engineering* können ihre Ideen wirkungsvoll und mit zeitgemäßen Methoden vermitteln und vertreten. Sie haben bereits praktische Erfahrung in der Teamarbeit und sind sich der Herausforderungen hinsichtlich Gleichbehandlung und Diversität in der modernen Arbeitswelt bewusst. Sie verfügen über sehr gute Kenntnisse der englischen Sprache, um auch international tätig werden zu können. Sie verstehen wirtschaftliche Zusammenhänge, verfügen über grundlegendes betriebswirtschaftliches Wissen für Projektmanagement, Produktentwicklung und -vermarktung und besitzen Kosten- und Qualitätsbewusstsein. Sie sind in der Lage, technische Entwicklungen in ihren sozialen und ökologischen Auswirkungen abzuschätzen und für eine menschengerechte Technik einzutreten.

§3 Dauer und Umfang

Der Arbeitsaufwand für das Masterstudium *Information and Communication Engineering* 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 *Information and Communication Engineering* setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder eines anderen fachlich in Frage kommenden Studiums mindestens desselben hochschulischen Bildungsniveaus an einer anerkannten inländischen oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus. Fachlich in Frage kommend sind jedenfalls die Bachelorstudien *Elektrotechnik und Informationstechnik* und *Technische Informatik* an der Technischen Universität Wien und das Bachelorstudium *Elektrotechnik* an der Technischen Universität Graz.

Zum Ausgleich wesentlicher fachlicher Unterschiede können Ergänzungsprüfungen vorgeschrieben werden, die bis zum Ende des zweiten Semesters des Masterstudiums abzulegen sind.

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

Es besteht die Möglichkeit das Masterstudium *Information and Communication Engineering* durch Auswahl entsprechender Module vollständig in englischer Sprache zu absolvieren. Einige Module werden jedoch nur in deutscher Sprache angeboten. Ein beispielhafter englischsprachiger Studienpfad findet sich in Abschnitt E.1.

§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 *Information and Communication Engineering* gliedert sich in nachstehende Prüfungsfächer mit den ihnen zugeordneten Modulen.

- Prüfungsfach *Grundlagen Information and Communication Engineering* (zwei Pflichtmodule mit insgesamt 18 ECTS)
- Prüfungsfach *Vertiefung Information and Communication Engineering* (vier Vertiefungsmodule mit insgesamt 36 ECTS)
- Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete* (drei Wahlmodule mit insgesamt 27 ECTS)
- Prüfungsfach *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* (9 ECTS)
- *Diplomarbeit* (30 ECTS)

In Summe ergeben sich damit für das Masterstudium *Information and Communication Engineering* 120 ECTS-Punkte. Es folgt eine nähere Beschreibung der Prüfungsfächer.

Grundlagen Information and Communication Engineering (18,0 ECTS)

Dieses Prüfungsfach besteht aus zwei verpflichtend zu absolvierenden Modulen als Basis für weiterführende und vertiefende Module:

Signal Processing (9,0 ECTS)

Machine Learning Basics (9,0 ECTS)

Vertiefung Information and Communication Engineering (36,0 ECTS)

In diesem Prüfungsfach werden vertiefte Kenntnisse in den Kernbereichen der IKT vermittelt. Zwei Module zu je 9 ECTS (in Summe 18 ECTS) sind aus dem *Modulkatalog A* zu wählen, zwei weiterführende Module zu je 9 ECTS (in Summe 18 ECTS) sind aus dem *Modulkatalog B* zu wählen. Einige Module aus dem *Modulkatalog B* können nur gemeinsam mit einem zugehörigen Modul aus dem *Modulkatalog A* gewählt werden

(eine vorhergehende erfolgreiche Absolvierung der entsprechenden LVAs ist jedoch nicht zwingend). In Summe ergeben sich für dieses Prüfungsfach 36 ECTS.

Modulkatalog A

Communication Networks (9,0 ECTS)
Photonic and Optical Communications (9,0 ECTS)
RF Techniques (9,0 ECTS)
Special Topics in Machine Learning (9,0 ECTS)
Wireless Communications (9,0 ECTS)

Modulkatalog B

Advanced Machine Learning (9,0 ECTS)
Advanced Photonics (9,0 ECTS)
→ kann nur gemeinsam mit “Photonic and Optical Communication” gewählt werden
Advanced RF Techniques (9,0 ECTS)
→ kann nur gemeinsam mit “RF Techniques” gewählt werden
Advanced Signal Processing (9,0 ECTS)
Advanced Wireless Communications (9,0 ECTS)
→ kann nur gemeinsam mit “Wireless Communications” gewählt werden
Network Security (9,0 ECTS)
→ kann nur gemeinsam mit “Communication Networks” gewählt werden

Angrenzende Fachgebiete (27,0 ECTS)

Dieses Prüfungsfach umfasst drei Module zu jeweils 9 ECTS (in Summe 27 ECTS), die frei aus dem *Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete* ausgewählt werden können. Alternativ können auch Module aus den *Modulkatalogen A und B* gewählt werden, sofern diese nicht bereits im Rahmen des Prüfungsfachs *Vertiefung Information and Communication Engineering* belegt worden sind. Die freie Modulwahl bietet große Flexibilität im Hinblick auf die Interessen der Studierenden und ermöglicht entweder eine noch stärkere Fokussierung auf IKT-Kernbereiche (insbesondere Telekommunikation) oder den Erwerb von Expertise in Fachgebieten, die der IKT nahestehen (Robotik, autonome Systeme, Data Science, künstliche Intelligenz, Mikroelektronik, Schaltungstechnik, Computertechnik, Energietechnik, Automatisierungstechnik, Life Sciences). Beispielhafte Studienpfade und zugehörige Berufsbilder sind in Abschnitt E näher beschrieben.

Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete

Bauelemente und Systeme (9,0 ECTS)
Bauelemente und Systeme – Vertiefung (9,0 ECTS)

Analoge und Digitale Schaltungen (9,0 ECTS)
Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung (9,0 ECTS)
Design hochintegrierter Schaltungen (9,0 ECTS)
Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen - Vertiefung (9,0 ECTS)
Automation (9,0 ECTS)
Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung (9,0 ECTS)
Optimale Systeme (9,0 ECTS)
Grundlagen Robotik und Regelungstechnik (9,0 ECTS)
Human Centered Robotics (9,0 ECTS)
Robot Vision (9,0 ECTS)
Machine Learning und Autonome Systeme (9,0 ECTS)
Grundlagen der Informatik (9,0 ECTS)
Algorithmik (9,0 ECTS)
Artificial Intelligence (9,0 ECTS)
Energiewirtschaft (9,0 ECTS)
Energieökonomie und Umwelt (9,0 ECTS)
Informationstechnik in Smart Grids (9,0 ECTS)
Smart Grids aus Netzperspektive (9,0 ECTS)
Basics of Biology for Information Engineering (9 ECTS)
Basics of Physiology (9,0 ECTS)
Biomedizintechnik (9,0 ECTS)

Freie Wahlfächer und Transferable Skills (9,0 ECTS)

Die Lehrveranstaltungen für das Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* können frei aus dem Angebot aller anerkannten in- und ausländischen Universitäten gewählt werden, wobei jedoch mindestens 4,5 ECTS im Bereich Transferable Skills absolviert werden müssen.

Diplomarbeit (30,0 ECTS)

Siehe Abschnitt §9.

Kurzbeschreibung der Module

Dieser Abschnitt charakterisiert die Module des Masterstudiums *Information and Communication Engineering* in Kürze. Eine ausführliche Beschreibung ist in Anhang A zu finden.

Advanced Machine Learning (9,0 ECTS) Dieses Modul vermittelt vertiefende Kenntnisse zu ausgewählten Bereiche des maschinellen Lernens und erweitert damit die im Pflichtmodul “Machine Learning Basics” und im Vertiefungsmodul “Special Topics in Machine Learning” gelehrt Inhalte. Das Modul widmet sich zum einen Methoden des probabilistischen maschinellen Lernens und bietet zum anderen die Möglichkeit, im Rahmen eines Labors aktuelle Methoden des maschinellen Lernens mithilfe von gängigen Software-Frameworks umzusetzen und auf modernster Hardware zu trainieren und zu testen.

Advanced Photonics (9,0 ECTS) Dieses Modul umfasst die theoretische und experimentelle, forschungsnah Auseinandersetzung mit fortgeschrittenen Konzepten, Verfahren und Systemen der Photonik. Bearbeitung von aktuellen Forschungs-Themen der Photonik, Kennenlernen von theoretischen Methoden, Modellen und experimentellen Verfahren sowie Technologien.

Advanced RF Techniques (9,0 ECTS) Aufbauend auf den Grundlagen aus dem Modul RF Techniques werden Wellenleiter sowie passive/aktive Hochfrequenz (HF) Bauelemente im Detail vorgestellt. Als praktisches Beispiel für den Entwurf einer HF-Schaltung wird ein Filter aus verteilten Bauelementen simuliert, optimiert, gefertigt und gemessen.

Advanced Signal Processing (9,0 ECTS) Dieses Modul vermittelt vertieftes Wissen über ausgewählte Bereiche der Signalverarbeitung und bietet somit eine Erweiterung und Vertiefung der im Pflichtmodul „Signal Processing“ gelehrt Inhalte. Es präsentiert moderne Methoden der Signalverarbeitung, die in der aktuellen Fachliteratur und technischen Praxis verwendet werden. Beispiele behandelte Themengebiete sind Signaldetektion und die Verarbeitung von spärlichen Signalen.

Advanced Wireless Communications (9,0 ECTS) Dieses Modul liefert Detailwissen über fortgeschrittene Konzepte im Bereich der drahtlosen paketbasierten Übertragungstechnik, sowie Theorie und Praxis der ultrabreitbandigen Funkübertragung. Das Modul wird durch ein Seminar abgerundet, in welchem die Studierenden moderne Konzepte der drahtlosen und mobilen Übertragungstechnik selbständig erarbeiten, wie zum Beispiel zuverlässige Kommunikation und energie-effiziente Netze, in Zusammenarbeit mit Studierenden internationaler Partneruniversitäten.

Algorithmik (9,0 ECTS) This module covers advanced algorithms and data structures, and algorithm analysis. It has an emphasis on (but is not limited to) machine learning, problem solving and optimization methods with exact as well as heuristic and approximative algorithms, geometric algorithms, and distributed algorithms. The module considers theoretical foundations as well as practical applications and contains lectures as well as different forms of exercises and seminars.

Analoge und Digitale Schaltungen (9,0 ECTS) Die Beherrschung der analogen und digitalen integrierten Schaltungen ist für viele Fragestellungen in der Mikro- und Nanoelektronik und insbesondere für den Entwurf von ICs unerlässlich. Dieses Modul vermittelt ferner die analytischen Grundlagen zur Dimensionierung integrierter Schaltungen sowie die Methoden zu ihrer Modellierung.

Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung (9,0 ECTS) Die Beherrschung des Layouts und der Verifikation analoger integrierter Schaltungen ist für den Entwurf von ICs unerlässlich. Dieses Modul vermittelt ferner die Grundlagen zum Test integrierter Schaltungen und vertieft die Kenntnisse der analogen integrierten und mixed-signal Schaltungstechnik.

Artificial Intelligence (9,0 ECTS) Dieses Modul behandelt verschiedene Aspekte von modernen Systemen der künstlicher Intelligenz. Es werden praktisch wichtige Strukturen von neuronalen Netzen theoretisch behandelt und ihre praktische Umsetzung mit verschiedenen Software-Frameworks diskutiert. Insbesondere beinhaltet das Modul die wesentlichsten Methoden aus dem Bereich Deep Learning und ihre Anwendung in der Bild- und Sprachverarbeitung, sowie Konzepte des probabilistischen Schlussfolgerns.

Automation (9,0 ECTS) Das Modul *Automation* behandelt wesentliche Konzepte industrieller Automationssysteme. Dies umfasst den typischen Aufbau von industriellen Anlagen mit Fokus auf die Leit-, Steuer- und Feldebene. Die Konzepte der Echtzeit und deren Bedeutung für Automationssysteme, verschiedene industrielle Kommunikationssysteme und deren Eigenschaften, Safety und Security im industriellen Umfeld, zentrale als auch verteilte Steuerungsarchitekturen, sowie Entwicklungsmethoden für Automationssysteme werden eingehend erläutert. Weiters beschäftigt sich dieses Modul mit ethischen, rechtlichen, sozialen und ökonomischen Aspekten von Forschung und Innovationen.

Basics of Biology for Information Engineering (9 ECTS) Das Modul *Basics of Biology for Information Engineering* gibt eine Einführung in ausgewählte Gebiete der Biologie. Es wird dabei ein Bogen von den Biomolekülen und deren molekularbiologischen Interaktionen, über die Zelle bis hin zum strukturierten und ausdifferenzierten Organismus gespannt. Das Modul umfasst auch die Grundbegriffe der Biophysik, mit Hauptaugenmerke auf Gleichgewichts und Energieprinzipien, und bietet eine Einführung in die Generierung, Fortpflanzung, Aufnahme und Analyse der medizinisch-relevanten Biosignale des menschlichen Körpers.

Basics of Physiology (9,0 ECTS) Das Modul *Basics of Physiology* vermittelt grundlegendes Verständnis in der Anatomie, Histologie, Physiologie und Pathologie sowie eine Einführung in die allgemeine Krankheitslehre und medizinische Terminologie.

Bauelemente und Systeme (9,0 ECTS) Aufbauend auf den Grundvorlesungen *Halbleiterphysik*, *Elektronische Bauelemente* und *Sensorik und Sensorsysteme* wird ein fundiertes Wissen über die Technologie der integrierten Schaltungen, die Mikrosystemtechnik, sowie die Modellierung von Halbleiterbauelementen vermittelt. Das Modul umfasst sowohl theoretische als auch anwendungsorientierte Aspekte.

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

Biomedizintechnik (9,0 ECTS) Das Modul vermittelt fortgeschrittene Kenntnisse in Biostatistik, Bioinformatik sowie Datenanalyse und Bildverarbeitung in biologischen Systemen. Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse in statistischen Methoden für biologische Fragestellungen sowie in der Anwendung von Informatik und Datenanalysetechniken in der Biowissenschaft. Besonderes Augenmerk liegt auf der interdisziplinären Verknüpfung von Statistik, Informatik und biologischen Wissenschaften zur Lösung komplexer Forschungsfragen und zur Förderung des Fortschritts im Bereich der Gesundheits- und Lebenswissenschaften.

Communication Networks (9,0 ECTS) Dieses Modul behandelt grundlegende Konzepte drahtloser und drahtgebundener Kommunikationsnetze und vermittelt vertieftes Wissen zur Funktionsweise von Protokollen der Internet Protocol Suite sowie Grundlagen im Bereich Netzwerksicherheit. Um ein Verständnis für die zukünftigen Herausforderungen im Bereich der Kommunikationsnetze zu entwickeln, werden neben klassischen Internetkonzepten auch neue Ansätze aus der Future Internet Forschung diskutiert. In begleitenden praktischen Übungen wird das erlernte Wissen angewendet und vertieft. Alle Lehrveranstaltungen des Moduls finden in englischer Sprache statt.

Design hochintegrierter Schaltungen (9,0 ECTS) Die Beherrschung der analogen und digitalen integrierten Schaltungen ist für viele Fragestellungen in Embedded Systems und insbesondere für den Entwurf von ICs unerlässlich. Dieses Modul vermittelt ferner die analytischen Grundlagen zur Dimensionierung integrierter Schaltungen sowie die Methoden zu ihrer Modellierung.

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

Energiewirtschaft (9,0 ECTS) Das Modul Energiewirtschaft vermittelt ein vertieftes Verständnis der Grundlagen der Energieökonomie und der Einführung in Energiemodelle und energiepolitische Analysen. Dies beinhaltet insbesondere praktische Kenntnisse in der Anwendung von Software für das Erstellen entsprechender Modelle und ergänzender eigenständiger Analysen bezogen auf stationäre und dynamische Energiesysteme.

Energieökonomie und Umwelt (9,0 ECTS) Das Modul Energieökonomie und Umwelt vermittelt die Zusammenhänge zwischen der Energienutzung und den resultierenden Auswirkungen auf die Umwelt – global durch Treibhausgasemissionen, lokal durch Schadstoffemissionen. Darüber hinaus wird die Bedeutung zunehmend erneuerbarer Energiesysteme aus ökonomischer und ökologischer Sicht präsentiert und diskutiert. Schließlich

werden die Grundlagen für das Erstellen und Anwenden entsprechender Modelle und ergänzender eigenständiger Analysen erarbeitet.

Grundlagen der Informatik (9,0 ECTS) Kaum ein System kommt heute ohne Software aus. Das Modul Grundlagen der Informatik erweitert Grundkenntnisse um wesentliche Kenntnisse und Methoden der Informatik, ohne die kaum ein aktuelles System entworfen werden kann.

Grundlagen Robotik und Regelungstechnik (9,0 ECTS) Das Modul *Grundlagen Robotik und Regelungstechnik* behandelt wesentliche Konzepte der mathematischen Beschreibung und Simulation, der Regelung sowie der Trajektorien- und Pfadplanung für Robotersysteme. Weiterhin befasst sich das Modul mit Methoden der Parameterschätzung, der optimalen Regelung und des optimalen Zustandsbeobachterentwurfs und deren Anwendung für robotische Systeme.

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

Informationstechnik in Smart Grids (9,0 ECTS) Informations- und Kommunikationstechnik ist ein zentraler Bestandteil von intelligenten Energienetzen (Smart Grids). Das Modul vermittelt die grundlegenden Technologien, Architekturen und ganzheitlichen Designaspekte, die zum Verständnis und zur eigenständigen Umsetzung von Informationstechnik in Smart Grids notwendig sind. Im Zuge von Übungen und einem Projektpraktikum vertiefen die Studierenden zudem praktische Kenntnisse und die Fähigkeit zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten.

Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen - Vertiefung (9,0 ECTS) Die Beherrschung des Layouts und der Verifikation analoger und digitaler integrierter Schaltungen ist für den Entwurf von ICs unerlässlich. Dieses Modul vermittelt ferner die Grundlagen zum Test integrierter Schaltungen und vertieft die Kenntnisse der analogen und digitalen integrierten Schaltungstechnik.

Machine Learning Basics (9,0 ECTS) Das Modul *Machine Learning Basics* (Grundlagen des maschinellen Lernens) vermittelt grundlegende Kenntnisse zu Methoden und Verfahren des maschinellen Lernens und der konvexen Optimierung. Es baut auf den Vorlesungen *Signale und Systeme 1 und 2* und *Mathematik für Elektrotechnik 1-3* des Bachelorstudiums *Elektrotechnik und Informationstechnik* an der TU Wien auf.

Machine Learning und Autonome Systeme (9,0 ECTS) Das Modul *Machine Learning und Autonome Systeme* beschäftigt sich mit modernen Methoden der Automatisierung und Robotik und den damit verbundenen Fragen der Forschung und Entwicklung. Es erfolgt eine Einführung in das maschinelle Lernen für Robotersysteme.

Network Security (9,0 ECTS) Das Modul behandelt Themen der Netzwerksicherheit und stellt Methoden zur Realisierung von Sicherheitsmaßnahmen in Kommunikations-

netzen vor. Das Modul vermittelt Grundlagen der Kryptographie, Sicherheitskonzepte für Kommunikationsprotokolle sowie Methoden der Anomalie-Erkennung. Die erlernten Inhalte werden in begleitenden Übungen angewendet und vertieft. In einem Seminar werden ausgewählte Themen aus der aktuellen Forschung diskutiert. Alle Lehrveranstaltungen des Moduls finden in englischer Sprache statt.

Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung (9,0 ECTS) Das Modul *Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung* behandelt die systemtheoretischen Aspekte nichtlinearer dynamischer Systeme, deren Analyse und Stabilitätsuntersuchung sowie unterschiedliche Konzepte von nichtlinearen Adaptions-, Schätz- und Lernverfahren sowie Methoden des Regler- und Beobachterentwurfs für nichtlineare komplexe dynamische Systeme. Neben den methodischen Grundlagen wird ein großer Wert auf die praktische Anwendung an konkreten Laborversuchen unter Verwendung moderner Softwarewerkzeuge und Automatisierungssysteme gelegt.

Optimale Systeme (9,0 ECTS) Das Modul *Optimale Systeme* behandelt wesentliche Konzepte der mathematischen Optimierung sowie deren Anwendung im Bereich der Robotik und Automatisierungs- und Regelungstechnik. Im Speziellen werden optimierungsbasierte Methoden für den Systementwurf, die Parameteridentifikation, die Trajektorienplanung sowie den Entwurf von Beobachtern, Steuerungen und Regelungen erlernt und an Laborversuchen praktisch angewandt.

Photonic and Optical Communications (9,0 ECTS) Ein Verständnis der Optoelektronik, Lasertechnik sowie der optischen Kommunikationstechnik ist für praktisch alle Bereiche der modernen Mikroelektronik und Informationstechnologie unerlässlich. Aufbauend auf einschlägiges Bachelorwissen aus Elektrodynamik, Wellenausbreitung, Signale und Systeme, Festkörperelektronik und Photonik vermittelt dieses Modul fortgeschrittene Kenntnisse und Fähigkeit zur Analyse von modernen photonischen Verfahren, Technologien und Systemen.

RF Techniques (9,0 ECTS) Das Modul vermittelt die erforderlichen Grundkenntnisse zur Berechnung und Beschreibung von Hochfrequenzschaltungen sowie praktisches Know-How zur Messung und Interpretation relevanter Parameter. Zusätzlich zur Vermittlung der theoretischen Grundlagen hochfrequenztechnischer Systeme findet im Modul RF Techniques eine Laborübung statt.

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

Signal Processing (9,0 ECTS) Das Modul *Signal Processing* (Signalverarbeitung) baut auf den Inhalten der Vorlesungen Signale und Systeme 1 und 2 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.

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

Special Topics in Machine Learning (9,0 ECTS) Dieses Modul baut auf dem Modul *Machine Learning Basics* auf und vermittelt sowohl einen Überblick als auch detaillierte Kenntnisse in weitere Fachbereiche, die für Informationsverarbeitung und maschinelles Lernen in unterschiedlichen Anwendungsgebieten von zentraler Bedeutung sind.

Wireless Communications (9,0 ECTS) Dieses Modul liefert sowohl einen Überblick als auch Detailwissen in mehreren Forschungsfeldern, die für die drahtlose und mobile Kommunikation von zentraler Bedeutung sind. Dazu gehören die formale Charakterisierung des Mobilfunkkanals ebenso wie Antennen, aber auch Signaleigenschaften und Empfängerstrukturen, sowie Netzstrukturen und Systemkonzepte für den Mobilfunk und deren technische Realisierung. Die verschiedensten Schwundmechanismen der Mobilfunkkanäle zusammen mit den Anforderungen an die Systemverzögerung erfordern die Einführung von Übertragungsverfahren, bei denen in der klassischen Theorie getrennte Netzwerkschichten verbunden werden, um mit beschränkten Systemressourcen die bestmögliche Servicequalität zu erreichen.

§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 Universitätsgesetzes beurteilt. Die Arten der Lehrveranstaltungsbeurteilungen sind in der Prüfungsordnung (Abschnitt §7) festgelegt.

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

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 Mindestanforderungen einzuhalten sind:

- Bekanntgabe der Standards vor dem Beginn des Semesters, die die technischen Geräte der Studierenden erfüllen müssen, um an diesen Prüfungen teilnehmen zu 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

(SSB steht für Satzung der TU Wien, Studienrechtliche Bestimmungen)

- Der Umfang der Lehrveranstaltung ist in ECTS-Anrechnungspunkten und in Semesterstunden anzugeben (§ 9 SSB, Module und Lehrveranstaltungen).
- Die Abhaltung von Lehrveranstaltungen als „Blocklehrveranstaltungen“ ist nach Genehmigung durch Studiendekan_in möglich (§ 9 SSB, Module und Lehrveranstaltungen).
- Die Abhaltung von Lehrveranstaltungen und Prüfungen in einer Fremdsprache ist nach Genehmigung durch Studiendekan_in möglich (§ 11 SSB, Fremdsprachen).
- Lehrveranstaltungsprüfungen dienen dem Nachweis der Lernergebnisse, die durch eine einzelne LVA vermittelt wurden (§ 12 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 (§ 12 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 (§ 15 SSB, Prüfungstermine).
- Prüfungen dürfen auch am Beginn und am Ende lehrveranstaltungsfreier Zeiten abgehalten werden (§ 15 SSB, Prüfungstermine).
- Die Prüfungstermine sind in geeigneter Weise bekannt zu machen (§ 15 SSB, Prüfungstermine).

Beschreibung von Lehrveranstaltungstypen:

- VO:** Vorlesungen sind Lehrveranstaltungen, in denen die Inhalte und Methoden eines Faches unter besonderer Berücksichtigung seiner spezifischen Fragestellungen, Begriffsbildungen und Lösungsansätzen 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 auseinander setzen 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 bearbeiten 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 Umfangs der gesamten Lehrveranstaltungen nicht unterschreiten. Beim Lehrveranstaltungstyp VU ist der Übungsteil jedenfalls prüfungsimmanent, der Vorlesungsanteil 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 (Angabe der 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 oder mündlich, oder schriftlich und mündlich;
 - * bei allen anderen Typen: Ausweis der Teilleistungen inklusive Art und Modus beziehend auf die in der Lehrveranstaltung angestrebten Lernergebnisse.
 - Termine (Angabe der 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 einem Prüfungssenat gemäß § 13 und § 19 der *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* und dient der Präsentation und Verteidigung der Diplomarbeit und dem Nachweis der Beherrschung des wissenschaftlichen Umfeldes. Dabei ist vor allem auf Verständnis und Überblickswissen Bedacht zu nehmen. Die Anmeldevoraussetzungen zur kommissionellen Abschlussprüfung gemäß § 17 (1) der *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* sind erfüllt, wenn die Punkte 1 und 2 erbracht sind.

Das Abschlusszeugnis beinhaltet

- (a) die Prüfungsfächer mit ihrem jeweiligen Umfang in ECTS-Punkten und ihren Noten,
- (b) das Thema und die Note der Diplomarbeit,
- (c) die Note der kommissionellen Abschlussprüfung,
- (d) die Gesamtbeurteilung sowie
- (e) auf Antrag des_der Studierenden die Gesamtnote des absolvierten Studiums gemäß §72a UG.

Die Note des Prüfungsfaches „Diplomarbeit“ ergibt sich aus der Note der Diplomarbeit. Die Note jedes anderen Prüfungsfaches ergibt sich durch Mittelung der Noten jener Lehrveranstaltungen, die dem Prüfungsfach über die darin enthaltenen Module zuzuordnen sind, wobei die Noten mit dem ECTS-Umfang der Lehrveranstaltungen gewichtet werden. Bei einem Nachkommateil kleiner gleich 0,5 wird abgerundet, andernfalls wird aufgerundet. Wenn keines der Prüfungsfächer schlechter als mit „gut“ und mindestens die Hälfte mit „sehr gut“ benotet wurde, so lautet die *Gesamtbeurteilung* „mit Auszeichnung bestanden“ und ansonsten „bestanden“.

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

Zusätzlich können zur Erhöhung der Studierbarkeit Gesamtprüfungen zu Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter angeboten werden, wobei diese wie ein

Prüfungstermin für eine Vorlesung abgehalten werden müssen und § 15 (6) des *Studienrechtlichen Teils der Satzung der Technischen Universität Wien* hier nicht anwendbar ist.

Der positive Erfolg von Prüfungen und wissenschaftlichen sowie künstlerischen Arbeiten ist mit „sehr gut“ (1), „gut“ (2), „befriedigend“ (3) oder „genügend“ (4), der negative Erfolg ist mit „nicht genügend“ (5) zu beurteilen. Bei Lehrveranstaltungen, bei denen eine Beurteilung in der oben genannten Form nicht möglich ist, werden diese durch „mit Erfolg teilgenommen“ (E) bzw. „ohne Erfolg teilgenommen“ (O) beurteilt.

§8 Studierbarkeit und Mobilität

Studierende des Masterstudiums *Information and Communication Engineering* 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.

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

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

§9 Diplomarbeit

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

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

§10 Akademischer Grad

Den Absolvent_innen des Masterstudiums *Information and Communication Engineering* 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 *Information and Communication Engineering* 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 des Plan-Do-Check-Act Modells 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 TU Wien festgelegt: (1) In Hinblick auf die Qualität und auf die Aktualität des Studienplans ist die Relevanz des Qualifikationsprofils für die Gesellschaft und den Arbeitsmarkt gewährleistet. In Hinblick auf die Qualität der inhaltlichen Umsetzung des Studienplans sind (2) die Lernergebnisse in den Modulen des Studienplans geeignet gestaltet um das Qualifikationsprofil umzusetzen, (3) die Lernaktivitäten und -methoden geeignet gewählt, um die Lernergebnisse zu erreichen, und (4) die Leistungsnachweise geeignet, um die Erreichung der Lernergebnisse zu überprüfen. (5) In Hinblick auf die Studierbarkeit der Studienpläne sind die Rahmenbedingungen gegeben, um diese zu gewährleisten. (6) In Hinblick auf die Lehrbarkeit verfügt das Lehrpersonal über fachliche und zeitliche Ressourcen um qualitätsvolle Lehre zu gewährleisten.

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

§12 Inkrafttreten

Dieser Studienplan tritt mit 1. Oktober 2024 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 im §6 unter *Lehrveranstaltungstypen* auf Seite 16 im Detail erläutert.

Advanced Machine Learning

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Verständnis der wesentlichen Konzepte des probabilistischen maschinellen Lernens und Fähigkeit zu deren Anwendung auf Ingenieursprobleme. Praktische Fertigkeiten in der Umsetzung von Methoden und Algorithmen des maschinellen Lernens auf GPU-Servern mithilfe entsprechender moderner Software-Frameworks.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen der Vor- und Nachteile des probabilistischen maschinellen Lernens, sowie der damit verbundenen Gebiete der Mathematik und Informationstechnik. Programmierkenntnisse im Bereich des maschinellen Lernens.

Inhalt:

Probabilistic Machine Learning: Bayes'sche Schätzung und Klassifizierung (MMSE, MAP, ML), Bayes'sche Netze, Exponentialfamilien (erschöpfende Statistik, konjugierte Verteilungen), Variationelle Bayes'sche Inferenz (Laplace-Approximation, evidence lower bound, Mean-field-Approximation, CAVI-Algorithmus), Methoden mit latenten Variablen (EM-Algorithmus, variationelle Autoencoder).

Machine Learning Laboratory: Herausforderungen bei der Implementierung von Algorithmen des maschinellen Lernens, Einführung in Software-Frameworks für maschinelles Lernen (TensorFlow, PyTorch, Scikit-Learn, Keras, CUDA, etc.), praktische Umsetzung von vollständigen Workflows für maschinelles Lernen auf einem leistungsfähigen GPU-Server (Datenaufbereitung, Feature Engineering, Algorithmenauswahl, Optimierung der Hyperparameter, Training, Test an großen Datensätzen).

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlegende Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik sowie im Bereich des maschinellen Lernens, wie sie im Pflicht-

modul *Machine Learning Basics* oder im Vertiefungsmodul *Special Topics in Machine Learning* vermittelt werden.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Grundkenntnisse des Programmierens, die für die Implementierung von spezifischen Algorithmen des maschinellen Lernens notwendig sind. Da die Lehrveranstaltungen in englischer Sprache abgehalten werden sind entsprechende Englischkenntnisse vonnöten.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die LVAs dieses Moduls umfassen einerseits klassische Vorlesungen (mit schriftlicher oder mündlicher Prüfung) und andererseits eine Laborübung, in der Planung, Umsetzung, und Testung von typischen Algorithmen des maschinellen Lernens geübt werden. Bereits vorhandene Programmierkenntnisse in Python sind dabei von Vorteil.

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 Probabilistic Machine Learning

6,0/4,0 LU Machine Learning Laboratory

Advanced Photonics

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Vertrautheit mit fortgeschrittenen photonischen Prozessen und Konzepten, Fähigkeit zur analytischen und numerischen Behandlung einschlägiger Problemstellungen. Experimentelle Umsetzung.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten aufbauender mathematischer und physikalischer Hilfsmittel der Ingenieurwissenschaften.

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

Inhalt: Literatursuche, numerische Analyse und Simulation, experimentelle Arbeiten eingebettet in laufenden Photonik-Forschungsbetrieb.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Bachelorkenntnisse der Optik, Wellenausbreitung, Festkörperelektronik, Materialwissenschaft. Die erfolgreiche Teilnahme am Vertiefungspflichtmodul Photonic and Optical Communications oder gleichwertige Kenntnisse werden erwartet.

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

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

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 Photonik-Vertiefung

3,0/2,0 SE Seminar Photonik

Advanced RF Techniques

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: : Überblick über relevante Bauelemente, Wellenleiter, Materialien, Aufbauarten von Mikrowellenschaltungen und Vorstellung ihrer Eigenschaften. Detailwissen zur Umsetzung (Schaltungsentwurf, Simulation, Optimierung) von Mikrowellenschaltungen. Handhabung von komplexeren Messaufbauten und Nicht-Standard-Messungen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: : Erkennen der eingeschränkten Gültigkeit einfacher Bauteilmodelle für HF-/Mikrowellenanwendungen. Kennenlernen des kompletten Entwurfsprozesses einer Mikrowellenschaltung an einem praktischen Beispiel, Bedienung von Mikrowellenschaltungssimulatoren und Feldsimulatoren, Erkennen der Limits der Vorhersagegenauigkeit von Simulatoren.

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

Inhalt: Im Interesse der inhaltlichen Vielfalt und des aktuellen Bezugs zum Stand der Forschung können die im Einzelnen behandelten Vertiefungsthemen variieren.

Advanced RF Techniques: Erweiterte Kenntnisse zum Aufbau von HF-Schaltungen: Grundlagen und Technologien von integrierten Mikrowellenschaltungen, HF-Materialien, Wellenleiter (Microstrip/Koplanar), konzentrierte vs. verteilte Bauelemente, passive Bauelemente, aktive Bauelemente (HF/Mikrowellendioden, Bipolar/Feldeffekttransistoren für HF-Schaltungen). Am Beispiel eines HF-Bandpassfilters: Berechnung, Transformation in verteilte Bauelemente, Simulation mit HF-Simulator (sowohl mit Ersatzelementen als auch Feldsimulation), Optimierung, Fertigung/Aufbau, kalibrierte Messung.

Seminar RF Techniques: Wahlweise messtechnischer oder schaltungstechnischer Schwerpunkt: Umsetzen einer individuellen Aufgabe in Form einer Mikrowellen Messanordnung (meist MATLAB-gesteuerter Messaufbau) oder der Realisierung einer kompakten Mikrowellen-Schaltung.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlagen Elektrotechnik und Schaltungstechnik, Vertiefungsmodul RF Techniques: Lineare HF-Schaltungen, Streumatrix. Die erfolgreiche Teilnahme am Vertiefungsmodul RF Techniques oder gleichwertige Kenntnisse werden erwartet. Gegebenenfalls ist die Kenntnis im Umgang mit HF-Labormessgeräten in Form einer praktischen Eingangsprüfung nachzuweisen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: : Erfahrungen im Umgang mit HF-Messgeräten und technischer Software.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die VU Advanced RF Techniques besteht aus einem Vortragsteil und einem Übungsteil. Im Vortrag werden die relevanten Kenntnisse zum Aufbau von HF-Schaltungen vermittelt, während im Übungsteil in Kleingruppen von max. drei Personen der gesamte Entwurfsprozess einer Mikrowellenschaltung vorgestellt wird. Die Beurteilung erfolgt auf Basis einer mündlichen Prüfung über den Vorlesungsstoff unter Berücksichtigung der Mitarbeit im Übungsteil. Das Seminar RF Techniques wird als betreute Einzelarbeit ausgeführt. Der Betreuer unterstützt durch Literatur und praktische Einweisung in die benötigten Messsysteme und Softwareprodukte. Im weiteren Verlauf der Arbeit steht der Betreuer für Rückfragen zur Verfügung, die Arbeit selbst wird zu einem großen Teil im Labor der Mikrowellengruppe durchgeführt. Die Leistungskontrolle erfolgt durch die Beurteilung der Mitarbeit, der in einem Bericht zusammengefassten Ergebnisse sowie einer Abschlusspräsentation.

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 RF Techniques

3,0/2,0 SE Seminar RF Techniques

Advanced Signal Processing

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse der Theorie und Methodik ausgewählter Bereiche der Signalverarbeitung, wie weiter unten näher ausgeführt. Verste-

hen der wesentlichen Zusammenhänge und der relevanten mathematischen Modelle, als Grundlage für die Anwendung in konkreten Problemen der technischen Praxis.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Befähigung zur problemangepassten Auswahl von Standardverfahren sowie zum eigenständigen Erarbeiten problemangepasster Lösungen für praktisch relevante Aufgaben der Signalverarbeitung. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalt:

Parameter Estimation Methods: Mathematische Modellierung von Systemen und Problemen der Parameterschätzung. Deterministische Schätzmethoden (Least Squares und Variationen). Bayessche statistische Schätzmethoden (MAP und Minimum Mean Square, Wiener-Filter, Kalman-Filter, Partikelfilter). Klassische statistische Schätzmethoden (Momentenmethode, Maximum Likelihood, EM-Algorithmus, MVU-Schätzer, BLUE, Cramér-Rao-Schranke).

Signal Detection: Mathematische Modellierung von Systemen und Problemen der Signaldetektion. Einfache Hypothesentests (Bayes'scher Detektor, MAP- und ML-Detektor, Neyman-Pearson-Detektor, Minimax-Detektor). Detektion bekannter und Gauß'scher Signale in Gauß'schem Rauschen (Korrelator, signalangepasstes Filter). Zusammengesetzte Hypothesentests (Bayes'sche Detektoren, gleichförmig optimaler Detektor, lokal optimaler Detektor, invariante Detektoren, verallgemeinerter Likelihood-Quotiententest). Detektion deterministischer Signale mit unbekanntem Parametern (Unterraumdetektor, CFAR-Detektor).

Source Coding: theoretischen Grundlagen der verlustbehafteten Quellcodierung (Rate-Distortion-Theorie und asymptotische Quantisierungstheorie); praktische Codiervverfahren, einschließlich Vektor-Quantisierung; prädiktive Codierung.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse in den Bereichen mathematische Methoden, Signalverarbeitung, Wahrscheinlichkeitstheorie, Zufallssignale. Die erfolgreiche Teilnahme am Pflichtmodul Signal Processing oder gleichwertige Kenntnisse werden erwartet.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen von Problemen und Methoden der Signalverarbeitung. Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die Vorlesungen dieses Moduls werden bei Bedarf ergänzt durch Rechen- und Programmierübungen; dabei wird das Gelernte durch Programmieren von Algorithmen in Matlab vertieft. Schriftliche oder mündliche Prüfung. Im Seminarteil Präsentation und Diskussion aktueller einschlägiger Fachpublikationen sowie Erstellen einer Seminararbeit (im Team).

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

Lehrveranstaltungen des Moduls: Das Seminar sowie weitere Lehrveranstaltungen im Ausmaß von 6 ECTS sind verpflichtend zu absolvieren:

- 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

Advanced Wireless Communications

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse der Theorie und Praxis der für hochentwickelte Verfahren der drahtlosen und mobilen Kommunikation wichtigen physikalischen, nachrichtentechnischen und mathematischen Konzepte und Methoden. Kenntnisse standardisierter und in der Entwicklung befindlicher Mobilfunksysteme.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Beherrschung der physikalischen, mathematischen und nachrichtentechnischen Grundlagen sowie des Spezialwissens zur Bearbeitung ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen in der gesamten Breite der drahtlosen und mobilen Kommunikation. Dieses Modul vermittelt tiefgehendes Wissen der Physik sowie der mathematischen und nachrichtentechnischen Methoden, um komplizierteste Problemstellungen der drahtlosen und mobilen Kommunikation zu verstehen, formal zu beschreiben und mit Hilfe des vermittelten Methodenwissens adäquat behandeln und lösen zu können. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalt: Advanced Wireless Communications 1: Umfassende Einführung in die Strukturen und Funktionen von Core-Netzwerken im Mobilfunkbereich. Teilnehmer erhalten Einblicke in die Signalisierung, die verschiedenen Protokolle und die spezifischen Funktionen der Schichten 1, 2 und 3 in Mobilfunknetzen. Ein wesentlicher Bestandteil des Kurses ist die Analyse und Modellierung der Servicequalität in drahtlosen Funkverbindungen. Es werden Methoden zur Verkehrsmodellierung von Diensten in Mobilfunknetzen vorgestellt, einschließlich deren Anpassung an Netzwerke mit hohen Latenzzeiten. Zudem werden die Teilnehmer in die Messung und Bewertung der Servicequalität im Mobilfunk mittels relevanter Metriken eingeführt

Advanced Wireless Communications 2: Ausgewählte 6G Themenfelder: Verlässliche Funkübertragungsverfahren für die Steuerung und Regelung von verteilten Systemen und Prozessen mit aktuellen Anwendungen: Intelligente Verkehrssysteme und drahtlose industrielle Automatisierung. Grüne Kommunikationsnetze, die eine neue Stufe der Energieeffizienz erreichen und helfen, die Klimaziele zu erreichen.

Advanced Wireless Communications 3: Ultra-Breitband-Systeme: Charakterisierung des Funkkanals, Antennendesign, Sender- und Empfängerstrukturen. Puls-basierte Funkübertragung, IEEE Standard 802.15.4a, Mehrkanalübertragungstechnik, auch in Verbindung mit „Frequency-Hopping“ (Standard WiMedia).

Seminar Wireless Communications: Aktuelle Themen der Forschung und Entwicklung in der drahtlosen Übertragungstechnik und der Mobilkommunikation sowohl an den Universitäten als auch den Herstellern in der europäischen Kommunikationsindustrie sowie den Netzbetreibern. Das Seminar findet nach Maßgabe der Möglichkeiten in Zusammenarbeit mit Partneruniversitäten im europäischen Ausland statt.

Internationales Seminar Mobilkommunikation: Die Studierenden sollen sich mit hochaktuellen Problemen der Mobilkommunikation vertraut machen. Weiters sollen sie üben, sich in schwierige technisch-wissenschaftliche Themen selbständig einzuarbeiten. Jeder Teilnehmer bearbeitet ein aktuelles Thema aus -Technologien -Systemen -Algorithmen -Netzen der Mobilkommunikation. Der eigene Vortrag wird an der Heimatuniversität präsentiert. Es werden zwei Wochenendreisen an andere, meist ausländische Universitäten organisiert, wo dann die Vorträge der Teilnehmer der anderen Universitäten gehört und diskutiert werden.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse der Grundlagen der Elektrotechnik, Signale und Systeme, Telekommunikation und der Informationstheorie. Kenntnisse der Grundlagen der Theorie und Praxis der für die drahtlose und mobile Kommunikation wichtigen Konzepte und Methoden. Grundwissen über standardisierte drahtlose und mobile Funksysteme. Die erfolgreiche Teilnahme am Vertiefungsmodul Wireless Communications oder gleichwertige Kenntnisse werden erwartet.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen der Problemstellungen im Bereich der drahtlosen und mobilen Kommunikation und der damit verbundenen Physik, Telekommunikation, Mathematik und Informationstechnik. Fähigkeit, grundlegende nachrichtentechnische und mathematische Methoden anzuwenden für die Lösung wesentlicher Probleme in der mobilen Übertragungstechnik. Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag über die theoretischen Grundlagen und Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen. Schriftliche und mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen; Tests möglich. Selbstständig erarbeitete Seminarvorträge der Studierenden über hochentwickelte Methoden und Verfahren in der drahtlosen und mobilen Übertragungstechnik.

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: Eines der beiden Seminare sowie zwei weitere Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren:

3,0/2,0 VO Advanced Wireless Communications 1

3,0/2,0 VO Advanced Wireless Communications 2

3,0/2,0 VO Advanced Wireless Communications 3
3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications
3,0/2,0 SE Seminar Wireless Communications
3,0/2,0 SE Internationales Seminar Mobilkommunikation

Algorithmik

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

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

Inhalt: This module mainly deals with algorithmic techniques, data structures, their analysis, and complexity in computer science. It aims at getting acquaintance with the design of effective algorithms in order to solve non-trivial computational problems. In its core the module covers algorithms from diverse domains including graph theory, combinatorial optimization (exact as well as heuristic approaches, approximation algorithms, mathematical programming methods), distributed computing, computational geometry, bioinformatics, and machine learning, as well as the analysis of these algorithms. Students will further learn how to model practical problems in order to develop adequate solution methods and algorithms.

Erwartete Vorkenntnisse:

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

Kognitive und praktische Kompetenzen: Capability of abstraction, programming and software engineering skills.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: The courses of the modules are basically of three different types:

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

- Seminars, where advanced new scientific material is discussed in a small group and students have to give presentations and (optional) have to write seminar papers; this kind of course should lead the students closer to actual scientific research.

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: From the list below, any group of courses can be selected that sum up to at least 9 ECTS, where courses of type PR are not counted for determining this minimum.

- 3,0/2,0 VU Approximation Algorithms
- 4,5/3,0 VO Analysis of Algorithms
- 1,5/1,0 UE Analysis of Algorithms
- 4,5/3,0 VU Algorithmic Geometry
- 4,5/3,0 VU Algorithms in Graph Theory
- 6,0/4,0 VU Algorithmics
- 3,0/2,0 SE Seminar aus Algorithmik
- 6,0/4,0 VU Distributed Algorithms
- 3,0/2,0 VU Heuristic Optimization Techniques
- 3,0/2,0 VU Mathematical Programming
- 3,0/2,0 VU Parallele Algorithmen
- 3,0/2,0 VU Problem Solving and Search in Artificial Intelligence
- 3,0/2,0 VU Real-Time Scheduling

Analoge und Digitale Schaltungen

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Ziel des Moduls ist es, den Entwurf von analogen und digitalen Schaltungen mit aktuellen Methoden sowohl praktisch als auch in seinen methodischen und algorithmischen Grundlagen zu beherrschen und die zugrunde gelegten Modelle (z. B. des Mealy-Automaten) zu verstehen. Hierzu wird einerseits der konkrete Entwurf und typische Architekturmerkmale zum Testen und zur Erhöhung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit vermittelt. Andererseits müssen die Algorithmen und die Methoden, die den Werkzeugen für Synthese, Verifikation, Testen zugrunde liegen verstanden werden.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Im Rahmen eines Labors werden die Kenntnisse praktisch zum Design eines digitalen ASICs oder FPGA angewandt. Hierdurch werden praktische Erfahrungen und Fertigkeiten zum selbständigen Entwurf digitaler Schaltungen unter Verwendung aktueller Methoden, Modelle und Werkzeuge gewonnen. Die erworbenen Kenntnisse der den Werkzeugen zugrundeliegenden Methoden und Algorithmen ermöglichen darüber hinaus das kritische Hinterfragen von Ergebnissen.

Inhalt: Digitale ASIC-Architekturen, und ihre Modelle, Fehler im Mikrocomputerkomponenten, Plausibilitätsprüfung, Qualitätssicherung, Built in Self Test, Boundary Scan, Fehlertoleranz auch in Mikroprozessortechnik, diversitäre (dissimilare) Systeme; Architektur-Entwurfsmethoden, Designflow, Hardwarebeschreibungssprachen (z. B. VHDL, Verilog), Verifikationssprachen (z.B. Vera, E, SystemVerilog), Testbench und Verifikationsmethodik (z. B. UVM); Methoden zur RT-Synthese digitaler Systeme, Registerinferenzregeln, Optimierungen auf RT-Ebene; Simulationsalgorithmen (Ereignisdiskret, Schaltungs-, Mixed-Signal Simulation); Test, Design-for-Test, BIST, Methoden zur Testpatterngenerierung; Statische Timingverifikation, Equivalence Checking; Praktisches Kennenlernen einer Entwurfsumgebung (z.B. Xilinx, Cadence); Einführung in die Grundlagen analoger integrierter Schaltungen, analoge integrierte Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen, Methoden zur Verbesserung des Matchings, Methodik zu Entwurf und Dimensionierung analoger ICs, Simulation integrierter Schaltungen.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundkenntnisse von Mikroprozessoren und digitalen Schaltungen sowie der Informatik.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Grundkenntnisse zum Verstehen von Algorithmen und Software.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbständigen Entwurf im Rahmen eines Labors. Schriftliche Tests in Vorlesungen sowie mündliche und schriftliche Prüfungen im Rahmen des Labors.

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: Es sind Lehrveranstaltungen mit einem Umfang von mindestens 9 ECTS zu absolvieren:

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

Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Vertiefung der unten genannten Themenge-

biere, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz in Embedded Systems relevant sind. Kenntnisse über EDV-gestützte Entwurfsmethoden sowie zur Verifizierung von analogen integrierten Schaltungen. Kenntnisse modernster integrierter analoger und mixed Signal Schaltungstechnik.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf Fragestellungen des IC-Entwurfs. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten sowie zur eigenständigen Entwicklung analoger und mixed-signal Schaltungen sowie von ASICs. Vertiefung des methodischen Entwurfs testbarer, integrierter analoger Schaltungen. Layouterstellung und der Verifikation von IC-Entwürfen. Dieses Modul vermittelt vertiefende Fertigkeiten für den Entwurf modernster integrierter analoger und mixed-signal Schaltungen.

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

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse zu analogen integrierten Schaltungen, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie und Halbleiterphysik, zum Entwurf analoger integrierter Schaltungen sowie der Inhalt der VO Analoge integrierte Schaltungen wird erwartet.

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

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

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 SE Seminar Mixed-Signal ICs

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik Vertiefung

Artificial Intelligence

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls besitzen Studierende vertiefte Kenntnisse zu theoretischen und praktischen Aspekte der künstlichen Intelligenz insbesondere im Kontext von Deep Neural Networks.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls können die Studierenden geeignete Formalismen und Methoden der künstlichen Intelligenz zum Problemlösen in unterschiedlichen Bereichen auswählen und einsetzen, einschließlich der Modellierung und der praktischen Realisierung basierend auf Problemlösungswerkzeugen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls können die Studierenden existierende zeitgemäße Methoden der künstlichen Intelligenz für das Lösen von Anwendungsproblemen adaptieren und neue Methoden hierfür entwickeln.

Inhalt: Das Modul enthält Lehrveranstaltungen, welchen einen Überblick über Deep Learning und neuronale Netze geben, insbesondere spezielle Strukturen wie Convolutional Neural Networks, Recurrent and Recursive Neural Networks, Deep Reinforcement Learning, Autoencoders, Deep Generative Models, Transformers, Graph Neural Networks. Weiters werden praktische Aspekte wie Softwarebibliotheken und Frameworks, die bei der praktischen Umsetzung notwendig bzw. hilfreich sind, behandelt. Es werden die theoretischen Grundlagen und die wichtigsten und aktuellsten algorithmischen Entwicklungen im Bereich generativer KI und Large Language Models diskutiert, und die Implementierung von Systemen der generativen KI wie auch open-source Codes und Datensätzen besprochen. Tooling und Techniken des Prompting werden ebenfalls erklärt. Weitere Inhalte des Moduls beschäftigen sich mit dem Gebiet der probabilistischen Modellierung und Inferenz in der Künstlichen Intelligenz. Dabei liegt der Fokus auf Bayes'schen Netzen, probabilistischer Logik, nichtmonotoner probabilistischer Inferenz, probabilistischer Logikprogrammierung, Entscheidungstheorie, Planen unter Unsicherheit in Markov Decision Processes, und Spieltheorie.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Solide Kenntnisse von Konzepten des maschinellen Lernens, der Komplexitätstheorie, der Berechenbarkeitstheorie und der diskreten Mathematik.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Abstraktionsfähigkeit sowie Programmierkenntnisse und Kenntnisse des Modellierens.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die Lehrveranstaltungen des Moduls sind entweder Vorlesungen (Inhalte werden den Studierenden vorgetragen), Vorlesungen mit Übungen (Studierende erlernen theoretische Grundlagen und wenden diese in Übungen an), oder Seminare (wissenschaftliche Arbeiten werden in Kleingruppen erarbeitet). Die Leistungsbeurteilung erfolgt je nach LVA-Typ aufgrund schriftlicher oder mündlicher Prüfungen, Tests, beurteilter Übungen, sowie der Evaluierung von Präsentationen und Seminar- bzw. Projektarbeiten.

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 Applied Deep Learning
3,0/2,0 VU Probabilistic Reasoning
3,0/2,0 VO Generative AI
3,0/2,0 SE Seminar in Artificial Intelligence

Automation

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 den Normen IEC 61131 und IEC 61499. Weiters kennen sie die fundamentalen Konzepte der Moralphilosophie und Science and Technology Studies.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage, die in der Automatisierungstechnischen Praxis auftretenden Fragestellungen zur industrieller Kommunikation, Steuerungsarchitekturen und -systemen konzeptuell zu modellieren und geeignete Entwicklungs- und Synthesemethoden auszuwählen und selbstständig anzuwenden, sowie deren Auswirkung hinsichtlich sozialer, ökonomischer und ökologischer Aspekte abzuwägen. Nach positivem Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden 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.

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

Inhalt:

- Typische Architekturen von industriellen Anlagen (Leitwarte, Steuerungsebene und Feldebene)

- Die grundlegenden Eigenschaften von Echtzeit und deren Bedeutung für die Steuerungstechnik/Feldbussysteme
- Kommunikationsprotokolle und deren Eigenschaften
- drahtlose und drahtgebundene Basistechnologien
- Standardisierung
- Security- und Safety-Aspekte in der Automation
- Komponenten der Pneumatik, Hydraulik, Elektrik
- SPS Technik
- Verteilte Steuerungen nach der IEC 61499
- Entwurfsmethoden für Steuerungsprogramme
- Übungen zur Entwicklung von Automationsprogrammen
- 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Programmieren, Digitale Systeme, Datenkommunikation, Mikrocomputer 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Empfohlen werden die Beherrschung der und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Boolesche Algebra, Logiksynthese, Kommunikationssysteme, Softwaredesign und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen in einer oder mehreren Programmiersprachen sind wünschenswert.

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag und Diskussion über die methodischen Grundlagen der oben genannten Inhalte mit Folien- und Tafelunterstützung sowie praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse anhand von Übungen vertieft. Die Leistungsbeurteilung der VU Industrielle Automation erfolgt prüfungsimmanent durch Überprüfung der Übungsvorbereitung und während des Übungsteils und einer schriftlichen oder mündlichen Abschlussprüfung. Die Leistungsbeurteilung der VU Responsible Research Practice erfolgt prüfungsimmanent. 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

3,0/2,0 VU Industrielle Automation

3,0/2,0 VU Industrielle Kommunikationstechnik

Basics of Biology for Information Engineering

Regelarbeitsaufwand: 9 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- ausgewählte Kapitel der theoretischen Grundlagen der Biologie, der Biotechnologie und der Toxikologie erklären sowie anhand ausgewählter Beispiele diskutieren,
- biostatistische Methoden für die Analyse und Auswertung von biologisch, medizinischem Datenmaterial beschreiben und im Hinblick auf entsprechende Fragestellungen die passende Methodik herausfinden,
- biophysikalische Vorgänge in lebenden Zellen, mit Schwerpunkt auf elektrisch aktiven Nervenzellen, beschreiben und im Hinblick auf entsprechende Fragestellungen die passende Methodik herausfinden.
- die Generierung, Fortpflanzung, Aufnahme und Analyse der medizinisch-relevanten Biosignale des menschlichen Körpers ableiten und kontrastieren, die Vielfalt der Biosignale beschreiben.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- unter Verwendung wesentlicher Begriffe der allgemeinen Biologie, der Biostatistik, der Biotechnologie und der Toxikologie in diesen Themengebieten treffsicher diskutieren, kategorisieren und argumentieren,
- molekularbiologische Zusammenhänge in der lebenden Zelle analysieren und gegenüberstellen und so das gewonnene Verständnis des Wechselspiels von Biomolekülen bis hin zum strukturierten Organismus zur Bearbeitung von biomedizintechnischen Fragestellungen anwenden,
- biophysikalische Vorgänge im menschlichen Körper lokalisieren und vergleichen, sowie
- durch Anwendung biophysikalischer Grundlagen das Verhalten biologischer Systeme, insbesondere ihrer elektrischen Zustände im Zuge ihrer Evolution, analysieren und prognostizieren.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken, sowie

- biologische Systeme verstehen und vergleichen, und diese Fähigkeit sowohl für sich selbst nutzen als auch an Dritte kommunizieren, um gemeinsame Strategien für die Bearbeitung von biomedizintechnischen Fragestellungen zu entwickeln,
- biophysikalische Zusammenhänge sowie strategisches Verständnis der Schnittstelle zwischen einem physiologischen-biophysikalischen Prozess und einem Sensor bzw. Aktuator als Basis für Innovationskompetenz in der biomedizinischen Technik präsentieren und bewerten.

Inhalt: Historischer Überblick und moderne Biologie; Moleküle des Lebens; Molekularbiologie; Bakterien als einfachste Lebensformen; Zytologie; Genetik; Subzelluläre infektiöse Partikel; Biotechnologie; Wissenschaftstheorie; Toxikologie; Grundlagen der Biostatistik; Biophysik lebender Zellen mit Schwerpunkt auf elektrisch aktiven Nervenzellen aus der Perspektive der Elektrotechnik, Physik und Informationstechnik; Aufbau, Funktion und Informationsverarbeitung der Zelle; mikroskopische, elektrophoretische und spektroskopische Methoden der Biophysik; elektromagnetisch-biologische Wechselwirkungen in niederfrequenten wie auch hochfrequenten elektromagnetischen Feldern;

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Mathematische und naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, im Speziellen in den Fächern Biologie, Chemie, Physik, Physiologie

Kognitive und praktische Kompetenzen: Grundverständnis von biologisch-chemischen Systemen, sichere Anwendung der Vektorrechnung, und der Grundlagen zur Lösung von Differentialgleichungen, Offenheit für interdisziplinäre Herausforderungen

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Naturwissenschaftliches, analytisches Denkvermögen, Arbeitsdisziplin bei der Aneignung anspruchsvoller mathematisch-physikalischer Zusammenhänge

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in den VOs (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

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: Lehrveranstaltungen im Umfang von 9 ECTS aus folgender Liste sind zu absolvieren:

- 3,0/2,0 VO Biology
- 3,0/2,0 VO Biomedical Sensors and Signals
- 3,0/2,0 VO Biophysik
- 1,5/1,0 VO Introduction to Biostatistics
- 1,5/1,0 VO Mathematical Systems Biology

Basics of Physiology

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- ausgewählte Kapitel der Anatomie, Histologie, Physiologie und Pathologie des menschlichen Körpers erklären sowie anhand ausgewählter Beispiele diskutieren,
- reguläre und pathologische Vorgänge im menschlichen Körper beschreiben und im Hinblick auf entsprechende Fragestellungen die passende Methodik herausfinden, sowie
- die Grundlagen der allgemeinen Krankheitslehre und ihre praktische Anwendung erläutern.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- unter Verwendung der medizinischen Terminologie und insbesondere wesentlicher Begriffe der Anatomie, Histologie, Physiologie und Pathologie in diesen Themengebieten treffsicher diskutieren, kategorisieren und argumentieren,
- unter Verwendung der anatomischen und zellbiologischen Terminologie reguläre und pathologische Vorgänge im menschlichen Körper analysieren und gegenüberstellen und das so gewonnene medizinische Verständnis zur Bearbeitung von biomedizintechnischen Fragestellungen anwenden,
- auf Basis eines Grundverständnisses für physiologische Abläufe und deren Störungen Krankheiten beschreiben, systematisieren und klassifizieren.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- analytisch und methodisch denken,
- anatomische und physiologische Systeme verstehen und vergleichen sowie diese Fähigkeit sowohl für sich selbst nutzen als auch an Dritte kommunizieren, um gemeinsame Strategien für die Bearbeitung von biomedizintechnischen Fragestellungen zu entwickeln, sowie
- dabei ethische Aspekte in der Erhebung medizinischer Daten berücksichtigen.

Inhalt: Grundlagen der Zytologie und Gewebelehre; Physiologie der inneren Organe; Entzündung und Immunologie; Kreislaufsystem, Skelettsystem und Nervensystem; Endokrinologie, Stoffwechsel und Sinnesorgane.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, im Speziellen in den Fächern Physik, Chemie und Biochemie.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Selbstständige Problemanalyse.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Naturwissenschaftliches, analytisches Denkvermögen sowie Eigeninitiative und Neugierde.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag in der VO (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Schriftliche und/oder mündliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

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: Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

4,5/3,0 VO Anatomy and Histology

4,5/3,0 VO Physiology and Basics of Pathology

Bauelemente und Systeme

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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 Aspekte wie Layout, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit. Des Weiteren wird ein tiefergehendes Verständnis der fachlichen Grundlagen im Bereich der Mikrosystemtechnik, ausgehend von ausgewählten Technologien bis hin aktuellen Bauelemente-Konzepten der Mikrosensorik, -aktuatorik und daraus resultierenden Systemen mit modernen Aufbau- und Verbindungskonzepten vermittelt. Ferner werden aktuelle Anwendungsgebiete der Mikro- und Nanosystemtechnik ausführlich vorgestellt, sowie die fachlichen Grundlagen der Modellierung und numerischen Simulation moderner Halbleiter-Bauelemente mit Anwendungsbeispielen der Halbleiterbauelementsimulation, zur kritischen Lösung ingenieur-relevanter Fragestellungen vermittelt.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fundierte Kenntnisse der Technologie der integrierten Schaltungen, der Mikrosystemtechnik und der Bauelementmodellierung befähigen zum Entwurf und Verständnis von modernen komplexen Bauelementen, elektrischen Schaltungen und Mikrosystemen. 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) bis hin zu neuen Systemarchitekturen mit sensorischen und aktorischen Funktionen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: 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.

Inhalt: Integrierte Bauelemente: 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 Schlüsselprozesse der modernen Halbleiterfertigung, insbesondere Dotierung, Schichterzeugung, Strukturierung 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.

Mikrosystemtechnik: 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.

Modellierung: Drift-Diffusions Modell, Randbedingungen, Kontakte, Grenzflächenmodelle und Heteroübergänge. Selbsterwärmungseffekte und Wärmeleitungsgleichung, thermische Randbedingungen. Modellierung der Beweglichkeit, Streuprozesse, Kanalquantisierung. Numerische Methoden: Diskretisierung partieller Differentialgleichungen (finite Differenzen- und Boxintegrations-Methode), Dämpfung und Konvergenz des Newtonverfahrens. Simulation: Stromloser Fall und kapazitive Bauelement-Eigenschaften, linearer und nichtlinearer Bereich, statische und dynamische Eigenschaften, unipolare und bipolare Bauelemente.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

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

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

3,0/2,0 VU Mikrosystemtechnik

3,0/2,0 VU Modellierung elektronischer Bauelemente

Bauelemente und Systeme – Vertiefung

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

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

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

Inhalt:

- Vertiefende Kenntnisse auf dem Gebiet von mikro- und nanotechnisch hergestellten Sensoren, Aktuatoren und Systemen insbesondere zur Erfassung und Umsetzung physikalischer Größen

- Diskussion von ausgewählten MEMS/NEMS Herstellungsverfahren und deren Integration zu einem Gesamtprozess
- Vermittlung der physikalisch-technischen Grundlagen von Mess- und Wandlerprinzipien (piezoelektrisch, kapazitiv, piezoresistiv) für mikro- u. nanomechanische Strukturen und Bauelemente
- Vermittlung von zentralen, physikalischen Kenngrößen funktionaler MEMS/NEMS Materialien
- Methoden zur analytischen Beschreibung von sensorischen und aktorischen MEMS/NEMS Bauelementen und Extraktion von Bauelemente-relevanten Parametern
- Aktuelle Anwendungsbeispiele von sensorischen und aktorischen Bauelementen und daraus resultierenden Systemen
- Herstellung von MEMS/NEMS Bauelementen an Hand ausgewählter Technologieschritte im Reinraum und deren Charakterisierung

Erwartete Vorkenntnisse:

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

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

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

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 Sensorik

3,0/2,0 VO Aktorik

3,0/2,0 UE Labor Mikrosystemtechnik

Biomedizintechnik

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Statistischen Tests und Regressionsverfahren im biologisch-medizinisch Kontext anwenden.
- Multivariate Statistik theoretisch beschreiben und praktisch anwenden. Dies inkludiert: multiple lineare Regression, Hauptkomponentenanalyse, Clusteranalyse, Klassifizierungsverfahren.
- Mit durch bildgebende Modalitäten in der Medizin erstellte Daten verarbeiten.
- Algorithm für die Verarbeitung der Daten, Analyse der beobachteten Strukturen und Quantifizierung krankheits- und behandlungs-relevanter Marker entwickeln.
- Für computer-unterstützte Diagnose, Prognose, und Vorhersage von Krankheitsverlauf oder Behandlungseffekt optimale Methoden des maschinellen Lernens identifizieren und implementieren.
- Grundlegende Begriffe der Bioinformatik formulieren und unterscheiden.
- DNA, RNA und Proteinanalyse diskutieren und erklären.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Treffsicher und praktisch mit statistischen Testverfahren umgehen.
- Die wichtigsten multivariaten statistischen Verfahren in der Praxis korrekt anwenden.
- Algorithmen zur Segmentierung, modellbasierten Detektion, Texturanalyse, interaktiven Segmentierung, rigiden- und nicht-rigiden Registrierung, und Analyse funktioneller Bildgebung implementieren.
- Bioinformatische Techniken und Datenbanken benutzen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Studierende, die dieses Modul positiv absolviert haben, können

- Analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert denken.
- Grundlegendes Verständnis statistischer Verfahren zur Interpretation und Modellierung von Daten und Images aus dem Bereich der biomedizinischen Technik präsentieren.
- Von einer medizinischen Problemstellung ausgehend in Zusammenarbeit mit Medizinern computerbasierte Lösungskonzepte erarbeiten.

Inhalt: Anwendung von statistischen Tests in der Praxis; simple und multiple lineare Regression; Multikollinearität und deren Einfluss auf Regressionmodelle; Hauptkomponentenanalyse zur Entkorrelierung und zur explorativen Datenanalyse; Clusteranalyse zur

automatisierten Bildverarbeitung; Variablenselektion; Modellvalidierung; Hauptkomponentenregression; Klassifizierungsverfahren; Grundlagen der medizinischen Bildverarbeitung; Einführung in die Bioinformatik; wichtige Techniken zu Genanalyse, molekularer Evolution und Datenbanken

Erwartete Vorkenntnisse:

- Zur Absolvierung der *VU Advanced Biostatistics* wird die *VO Introduction To Biostatistics* vorausgesetzt (Modul *Basics of Biology for Information Engineering*).
- Die *UE Medizinische Bildverarbeitung* wendet die gelehrteten Methoden der *VO Medizinische Bildverarbeitung* an, weshalb beide LVAs kombiniert werden sollten.

Fachliche und methodische Kompetenzen:

- Grundlagen der univariaten und bivariaten Statistik
- Kenntnisse der Matrixalgebra

Kognitive und praktische Kompetenzen:

- Sicherer Umgang mit Computern

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:

- Offenheit, auch komplizierte Zusammenhänge erkennen zu wollen
- Kooperative Zusammenarbeit, Teamfähigkeit und Arbeitsdisziplin

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:

- Frontalvortrag (mit Beispielen, unterstützt durch Unterlagen)
- Praktische Übungen (Vorrechnen von Beispielen, Implementierung und Dokumentation von Beispielen)
- Schriftliche Prüfung zur Kontrolle der inhaltlichen Kenntnisse

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 Advanced Biostatistics
3,0/2,0 VO Medizinische Bildverarbeitung
3,0/2,0 UE Medizinische Bildverarbeitung
3,0/2,0 VO Bioinformatics for Biomedical Engineers

Communication Networks

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

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

Inhalt: Communication Networks 1: Grundlegende Konzepte in drahtlosen und drahtgebundenen Kommunikationsnetzen, Protokolle der Internet Protocol Suite (Kenntnisse aus VU Datenkommunikation werden vorausgesetzt), Routingverfahren, Gruppenkommunikation, IPv6, Mobile Ad Hoc Networks (MANET), Grundlagen Netzwerksicherheit, Kommunikationsnetze für Cyber-Physical Systems (CPS) (ausgewählte Themen), neue Konzepte aus der Future Internet Forschung (ausgewählte Themen)

Communication Networks 2: Einführung in weitere Protokolle der Internet Protocol Suite, insbesondere Protokolle der höheren Schichten, Kommunikationsprotokolle zur Multimediakommunikation und weitere Protokolle der Transportschicht, Prozesse in der Standardisierung, begleitende praktische Übungen im Labor.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die VU Communication Networks 2 baut auf den Inhalten der VO Communication Networks 1 auf. Dementsprechend sollte die Reihenfolge VO Communication Networks 1, VU Communication Networks 2 eingehalten werden.

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

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

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

4,5/3,0 VU Communication Networks 2

Design hochintegrierter Schaltungen

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

Kognitive und praktische Kompetenzen: Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten und zur eigenständigen Entwicklung analoger und digitaler integrierter Schaltungen. Die Beherrschung der Grundlagen des methodischen Entwurfs integrierter analoger und digitaler Schaltungen zur Entwicklung von mixed-signal ICs oder analog-digitaler Systems-on-Chip ist in der Halbleiterindustrie unerlässlich. Dieses Modul vermittelt das grundlegende Wissen für den Entwurf modernster integrierter Schaltungen.

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

Erwartete Vorkenntnisse:

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

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

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

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

Energiewirtschaft

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können die Studierenden Energiesysteme zur Versorgung mit verschiedenen Energieträgern aus ökonomischer, energetischer und ökologischer Sicht eigenständig analysieren. Sie haben ein tieferes Verständnis über die Stoffgebiete des Moduls Energieökonomie sowie die Praxis bei der Anwendung von Open-Source und anderer online verfügbarer Software erworben. Sie verstehen die Wirtschaftlichkeitsbewertung verschiedener Technologieoptionen, deren Integration in und Funktion von Energiemärkten. Sie sind imstande einfache Energiesysteme in Modellen abzubilden und optimale Lösungen zu ermitteln.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden können nach positiver Absolvierung dieses Moduls die aus eigenen Übungen gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche und ökonomische Fragestellungen in Energiesystemen anwenden. Außerdem sind sie zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen in der Energiesystemanalyse befähigt.

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

Inhalt: Konzept der Energiedienstleistungen, Analyse von Energiesystemen; Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnung; Energiemärkte; Umweltaspekte und energiepolitische Instrumente; Zielfunktionen, Lösungsansätze bei statischen und dynamischen Energiemodellen; Ökonometrische Nachfragemodelle; Lineare, nichtlineare und dynamische Optimierung; Theorie der optimalen Ressourcennutzung (fossile, erneuerbare); Entwicklung von Szenarien.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Energieversorgung.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen angewandter Fragestellungen der Ingenieurwissenschaft und der Ökonomie.

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Inhalte sowie Illustration der Anwendung derselben an (ggf. projektbezogenen) Beispielen. Hausaufgaben samt mündlicher bzw. schriftlicher Ausarbeitung (Seminararbeit) der Hausaufgaben. Praktische Übungen mit Hilfe verschiedener Source-Codes und online verfügbarer Software.

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 Energieökonomie

4,5/3,0 VU Energiemodelle und Analysen

Energieökonomie und Umwelt

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können die Studierenden Energiesysteme zur Versorgung mit verschiedenen Energieträgern vor allem aus ökologischer aber auch ökonomischer Sicht eigenständig analysieren. Sie haben ein tieferes Verständnis über die Stoffgebiete des Moduls Energieökonomie und Umwelt sowie die Praxis bei der Anwendung von spezifischer Software erworben.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden können nach positiver Absolvierung dieses Moduls die aus eigenen Übungen gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche und ökonomische Fragestellungen in Energiesystemen anwenden. Außerdem sind sie zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen in der Energiesystemanalyse befähigt.

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

Inhalt: Grundlagen des Treibhausgaseffektes; Praktische Auswirkungen der Treibhausgasproblematik; Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen; Grundlagen der Umweltökonomie; Lokale, regionale und globale Schadstoffemissionen; Szenarien-unabhängige (“no-regret”) Dekarbonisierungsstrategien im Gebäudesektor, Verkehr und in Stromerzeugung; Internationale Klimapolitik; Modell von Bill Nordhaus; Erneuerbare Energietechnologien für Wärme, Kälte und zur Stromerzeugung; Die Rolle der Energiepolitik - Fördersysteme für erneuerbare Energie; Perspektiven erneuerbarer Energiesysteme auf nationaler, europäischer und globaler Ebene.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Energieversorgung.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen angewandter Fragestellungen der Ingenieurwissenschaft und der Ökonomie.

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Inhalte sowie Illustration der Anwendung derselben an (ggf. projektbezogenen) Beispielen. Hausaufgaben samt mündlicher bzw. schriftlicher Ausarbeitung (Seminararbeit) der Hausaufgaben. Praktische Übungen mit Hilfe verschiedener online verfügbarer Software.

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 Energy Systems and Climate Change

3,0/2,0 VU Umweltschutz in der Energiewirtschaft

3,0/2,0 VU Ökonomie der Erneuerbaren Energiesysteme

Grundlagen der Informatik

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

Kognitive und praktische Kompetenzen: Aufgabenstellungen der Technischen Informatik einschließlich angrenzender interdisziplinärer Fachgebiete wissenschaftlich analysieren,

formal beschreiben und dafür geeignete Modelle entwickeln. Mit angemessenen Methoden unter Einbeziehung aktueller Hilfsmittel der Informationsverarbeitung und unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen kreativ Lösungen für diese Aufgabenstellung zu erarbeiten.

Inhalt: Theoretische Informatik und Logik für Elektrotechnik: Spezifikation formaler Sprachen: reguläre und kontextfreie Sprachen (vertiefend), Chomsky-Hierarchie, endliche Automaten (vertiefend), Kellerautomaten, Turingmaschinen, Elemente der Komplexitätstheorie; Syntax-Semantik-Schnittstelle, Modellstrukturen, Terme und Boolesche Ausdrücke; klassische Aussagen- und Prädikatenlogik: Logische Konsequenz und Implikation, Normalformen.

Betriebssysteme für Elektrotechnik: Programmierung in der Systemprogrammiersprache C, Programmierkonventionen und -richtlinien, Betriebssystemprogrammierung und Programmierumgebungen (GNU/Linux), Synchronisation paralleler Prozesse (Semaphoren, Eventcounter, Sequencer, ...), Signale und Signalbehandlung, Interprozesskommunikation (mittels Shared Memory, Pipes, Sockets).

Echtzeitsysteme für Elektrotechnik: Grundlagen: Echtzeitsysteme, Zeitabhängigkeit von Information, logische und temporale Ordnung, Modellbildung von Echtzeitsystemen: Zustand und Ereignis, Komponenten, Interfaces, Echtzeitinformation, Echtzeitkommunikation, Kommunikationsprotokolle für Echtzeitsysteme, Uhrensynchronisation, Fehlertoleranz in Echtzeitsystemen, Echtzeitbetriebssysteme: Taskstruktur, Ressourcenmanagement, I/O, Scheduling, Worst-Case Zeitanalyse von Tasks, Energieverbrauch und Energiemanagement von Echtzeitsystemen, Design von Echtzeitsystemen: Architekturmodelle, Composability, Designprinzipien, Zertifizierung

Dependable Systems: Grundlagen: Zuverlässigkeit, Wartbarkeit, Verfügbarkeit, MTTF, Quantitative Analysen: Blockdiagramme, Fehlerbäume, Markov-Prozesse, Sicherheit, Fehlermodelle, Wartung, Alterungsfehler, Entwurfsfehler, Fehlertolerante Computersysteme: Redundanz, Fehlerlatenz, Voting, Recovery Blocks, N-Version Programming, Synchronisation, Fallstudien von zuverlässigen bzw. fehlertoleranten Systemen, Fehler und Zuverlässigkeitesmodellierung/analyse mit Tools.

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

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die

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

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 Einführung in Theoretische Informatik und Logik

1,5/2,0 VO Betriebssysteme für Elektrotechnik

1,5/2,0 VO Echtzeitsysteme für Elektrotechnik

3,0/3,0 VU Dependable Systems

Grundlagen Robotik und Regelungstechnik

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls können Studierende die Kinematik und Dynamik von Robotern systematisch mathematisch modellieren und unter Verwendung von Computersimulationsprogrammen simulieren. Die Studierenden kennen die grundlegenden Regelungskonzepte und Systemarchitekturen sowie die Konzepte und Methoden der Trajektorien- und Pfadplanung für robotische Systeme und können diese eigenständig für reale Roboter 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage, die in der automatisierungstechnischen Praxis und bei robotischen Systemen auftretenden Fragestellungen der mathematischen Beschreibung und Identifikation, der Trajektorien- und Pfadplanung 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 Simulation und Regelung von robotischen Systemen sowie der optimalen Regelung und Parameter- und Zustandsschätzung eigenständig anzueignen und anzuwenden.

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

Inhalt:

- Kinematik von Robotern (Robotertopologien, Starrkörperkinematik, Vorwärtskinematik, inverse Kinematik, homogene Transformationen, Parametrierung der Orientierung, differenzielle Kinematik, nicht-redundante und redundante Roboter)
- Dynamik von Robotern (Euler-Lagrange Gleichungen, Formulierung im Konfigurationsraum und im Arbeitsraum, Interaktion mit der Umgebung)
- Methoden der Trajektorienplanung und Pfadplanung für Roboter
- Grundlegende Regelungskonzepte und Systemarchitekturen für Roboter
- 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Empfohlen werden die Beherrschung der und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit MATLAB/Simulink sowie einem Computeralgebraprogramm sind wünschenswert.

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag und Diskussion über die methodischen Grundlagen der oben genannten Inhalte mit

Folien- und Tafelunterstützung sowie praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse anhand von konkreten Laborversuchen mit Hilfe moderner Softwarewerkzeuge und Automatisierungssysteme. Die Leistungsbeurteilung der VU Grundlagen der Robotik erfolgt durch Bewertung der Übungsaufgaben sowie einer abschließenden mündlichen und/oder schriftlichen Prüfung. Die Leistungsbeurteilung der VO Regelungssysteme erfolgt mündlich, die Leistungsbeurteilung der LU Regelungssysteme setzt sich aus der Überprüfung der vorbereiteten Aufgaben, der Mitarbeit während der Praktikumsübungen sowie dem Ergebnis von möglichen mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen 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:

4,5/3,0 VU Grundlagen der Robotik

3,0/2,0 VO Regelungssysteme

1,5/1,0 LU Regelungssysteme

Human Centered Robotics

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Das Modul vermittelt grundlegendes und tieferes Wissen in aktuellen Bereichen des Roboterlernens, der Manipulation und der Lokomotion mit einem Fokus auf Anwendungen in denen die Interaktion des Roboters mit der Welt oder mit menschlichen Benutzern im Vordergrund steht. Nach positiver Absolvierung dieses Moduls verfügen die Studierenden über ein kritisches Verständnis der wichtigsten Theorien, Prinzipien, Konzepte und Algorithmen zum Einsatz von Robotern in Anwendungen welche eine physikalische Interaktion mit dem Benutzer erfordern. Dieses Modul ermöglicht den Studierenden sich in gezielten Bereichen des maschinellen Lernens, der Manipulation und der Lokomotion zu vertiefen um diese Methoden in Robotersystemen einzusetzen und erste selbständige Arbeiten durchzuführen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden erlernen ihr Wissen hinsichtlich des Einsatzes von Methoden und Modellen des Maschinellen Lernens und der Roboterregelung für die physikalische Interaktion zu hinterfragen. Sie erlernen Methoden zum intuitiven Programmieren von modernen Robotern. Die Studierenden können die Methoden wiedergeben, fachlich diskutieren, und sich selbst neue Arbeiten auf dem Gebiet erarbeiten. Die Studierenden üben und erwerben die Kritikfähigkeit an der eigenen und fremden Arbeit. Die Studierenden erlernen Selbstorganisation und Eigenverantwortlichkeit zum eigenständigen Lösen von Aufgaben.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: (1) alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachgebiet dieses Moduls zu analysieren und dafür Lösungen zu erarbeiten; (2) analytisch,

methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert zu denken; (3) ihr eigenes Handeln und die eigenen Fähigkeiten zu reflektieren sowie die Folgen ihres Handelns in fachlicher, ethischer und ökologischer Hinsicht abzuschätzen; (4) selbstverantwortlich und wissenschaftlich zu arbeiten; (5) im Fachbereich dieses Moduls Wissen zu vermitteln, zu beraten, in interdisziplinären Teams effizient zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren und wirksam zu präsentieren; (6) ihre Kompetenzen auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.

Inhalt:

- Vertiefende Methoden der Roboterregelung zur Manipulation und Mensch-Roboter-Interaktion
- Modellierung und Analyse von Laufrobotern
- Grundlagen der Trajektoriengenerierung und Gangstabilisierung beinbasierter Roboter
- Grundlagen und vertiefende Methoden und Modelle von Robot Learning
- Grundlagen und vertiefende Methoden von Learning from Demonstrations
- Robot Learning und dessen Einsatzmöglichkeiten in der Industrierobotik, Service-robotik, und für humanoide Roboter

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt. Zusätzlich werden die Inhalte der Lehrveranstaltung *Grundlagen der Robotik* aus dem Modul *Grundlagen der Robotik und Regelungstechnik* vorausgesetzt. Für die *VU Robot Learning* wird außerdem die Absolvierung der Lehrveranstaltung *Machine Learning* aus dem Modul *Machine Learning und Autonome Systeme* empfohlen.

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die theoretischen Grundlagen werden mit Folien- und Tafelunterstützung vorgetragen. Die theoretischen Kenntnisse werden durch praktische Umsetzung an konkreten Aufgabenstellungen (Rechnungen, Computersimulationen, Laborversuchen) vertieft. Dabei wer-

den gängige Softwarewerkzeuge (z.B. Matlab/Simulink, Python, Computeralgebra) verwendet. Die Leistungsbeurteilungen der Lehrveranstaltungen dieses Moduls setzen sich jeweils aus den Ergebnissen von mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen 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:

4,5/3,0 VU Manipulation und Lokomotion

4,5/3,0 VU Robot Learning

Informationstechnik in Smart Grids

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

Studierende sind nach Abschluss in der Lage, ein technisch-wissenschaftliches Projekt zu planen, den Stand der Technik zu erheben und zu diskutieren, Lösungsvorschläge zu erarbeiten, umzusetzen und mittels Simulation oder Experiment zu validieren. Im Rahmen des Projektpraktikums eignen sich die Studierenden vertiefende Kenntnisse im Bereich des gewählten Forschungsthemas an und können nach wissenschaftlichen Grundsätzen einen Bericht verfassen.

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

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

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Programmieren, Digitale Systeme, Datenkommunikation, Mikrocomputer und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelorstudiums der Ingenieurwissenschaften auf einem ver-

gleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt.

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

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

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ggf. projektbezogenen) Beispielen. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen, Theoriefragen und selbstständiges Lösen von Programmieraufgaben.

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

Die Leistungsbeurteilung der VU Informationstechnik in Smart Grids erfolgt prüfungsimmanent mit folgenden zu erbringenden Teilleistungen: Theorieprüfung, Erarbeitung von Programmcode und Abgabegespräch. Die Leistungsbeurteilung des PR Smart Grids erfolgt prüfungsimmanent auf Basis der Projektdurchführung, der Gespräche mit den Lehrenden sowie des Projektberichts.

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 Informationstechnik in Smart Grids

6,0/4,0 PR Praktikum Smart Grids

Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen - Vertiefung

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Vertiefung der unten genannten Themengebiete, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz in der Mikro- und Nanoelektronik relevant sind. Kenntnisse über EDV-gestützte Entwurfsmethoden sowie zur Verifizierung

analoger und digitaler integrierter Schaltungen. Kenntnisse modernster integrierter analoger und digitaler Schaltungstechnik.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Kognitive und praktische Fertigkeiten: Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungs-orientierten Einsatz des Gelernten auf Fragestellungen des IC-Entwurfs. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten sowie zur eigenständigen Entwicklung analoger integrierter Schaltungen und von ASICs.

Inhalt: Vertiefung des methodischen Entwurfs testbarer, integrierter analoger Schaltungen. Layouterstellung und der Verifikation von IC-Entwürfen. Dieses Modul vermittelt vertiefende Fertigkeiten für den Entwurf modernster integrierter Schaltungen. Einführung in die Testsystematik integrierter Schaltungen, Layout analoger und digitaler Schaltungsmodule, Architektur-Entwurfsmethoden, Designflow, Hardwarebeschreibungssprachen, Verifikationssprachen, Testbench und Verifikationsmethodik; Methoden zur RT-Synthese digitaler Systeme, Simulationsalgorithmen; Test, Design-for-Test, BIST, Methoden zur Testpatterngenerierung; Statische Timingverifikation, Equivalence Checking; Design-Rule Check, Layout Versus Schematic, Extraktion und Postlayoutsimulation analoger ICs, moderne Schaltungstechnik analoger integrierter Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Analoge und digitale integrierte Schaltungstechnik, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie und Halbleiterphysik. Kenntnisse der Beschreibungssprache VHDL

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

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

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 Schaltungstechnik Vertiefung

3,0/2,0 SE Seminar Schaltungstechnik

3,0/2,0 VO Optoelekt. integrierte Schaltungen

Es sind Lehrveranstaltungen mit einem Umfang von mindestens 9 ECTS zu absolvieren. Die Lehrveranstaltung Schaltungstechnik Vertiefung wird mit den Inhalten „digitale Schaltungstechnik“ und „analoge Schaltungstechnik“ getrennt mit jeweils 6 ECTS angeboten. Das gilt entsprechend für die zugehörigen beiden Seminare mit jeweils 3 ECTS.

Machine Learning Basics

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlegende Kenntnisse über praktische und theoretische Aspekte wesentlicher Verfahren des maschinellen Lernens (adaptive Algorithmen, Regression und Klassifikation, Perzeptron und neuronale Netzwerke, SVM). Aktives Beherrschen der wesentlichen mathematischen und algorithmischen Konzepte der konvexen Optimierung und ihrer Bedeutung für das maschinelle Lernen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Formulierung von mathematischen Modellen für das maschinelle Lernen. Auswahl und Umsetzung von passenden Methoden und Algorithmen unter Berücksichtigung der relevanten Optimierungsverfahren sowie Fähigkeit zur Beurteilung und Gegenüberstellung ihrer Komplexität und Leistungsfähigkeit.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Problemlösungskompetenz, Selbstorganisation, Strukturierung von Projekten, schriftliche und mündliche Vermittlung eigener Ergebnisse.

Inhalt:

Machine Learning Algorithms: Praktischer und theoretischer Überblick über Methoden des überwachten und unüberwachten maschinellen Lernens. Abtausch zwischen Verallgemeinerungsfähigkeit und Überanpassung, Techniken zur Regularisierung, Evaluierungsmethoden, Kreuzvalidierung. Adaptive Filter (LMS und RLS), grundlegende Regressions- und Klassifikationsalgorithmen (kleinste Quadrate, Perzeptron und logistische Regression). Grundlagen der Clusteranalyse (Lloyd, k-Means). Nichtlineare Erweiterungen durch den Kernel-Trick (Support Vector Machines, Kernel Ridge). Grundlagen neuronaler Netzwerke, Backpropagation, domänenspezifische Strukturen (faltungsbasierte und rekursive neuronale Netze), unüberwachte neuronale Netze (Autoencoder).

Convex Optimization for Information and Communication Engineering: Grundkonzepte der konvexen Optimierung mit Hinblick auf Anwendungen der Signalverarbeitung, des maschinellen Lernens und der Übertragungstechnik. Mathematische Theorie konvexer Funktionen und Mengen. Formulierung, Eigenschaften und klassische Typen von konvexen Optimierungsproblemen, Dualitätstheorie, verallgemeinerte Ungleichungen. Lösungsverfahren basierend auf (stochastischen) Gradientenverfahren und der Newton-Methode, primale-duale Verfahren, ADMM-Algorithmus.

Die theoretischen Kenntnisse werden mit praktischen Anwendungsbeispielen, Rechenübungen und Programmieraufgaben vertieft.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlagenkenntnisse zu Signalen und Systemen, Wahrscheinlichkeitstheorie, Zufallsvariablen, Analysis und lineare Algebra. Grundlegende Programmierkenntnisse. Das Modul wird in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen von Fragestellungen des maschinellen Lernens und der Optimierung, sowie der damit verbundenen Gebiete

der Mathematik und Informationstechnik.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Themengebiete, sowie Illustration der Anwendung derselben an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen. Schriftliche bzw. mündliche Prüfungen über theoretische Inhalte. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen und durch computerbasierte Implementierungen (praktische Umsetzung eines maschinellen Lernverfahrens und Testen an realen Datensätzen).

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 Convex Optimization for Information and Communication Engineering

6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms

Machine Learning und Autonome Systeme

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Das Modul vermittelt grundlegendes Wissen in aktuellen Bereichen des Machine Learning und von autonomen Systemen. Die Studierenden verfügen über ein kritisches Verständnis der wichtigsten Theorien, Prinzipien, Konzepte und Algorithmen zum Einsatz von selbständigen Maschinen zur Unterstützung von Menschen in Industrie und Service Anwendungen. Dieses Modul ermöglicht den Studierenden sich mit den grundlegenden Ansätzen des Machine Learning und von autonomen Systemen vertraut zu machen, um diese Methoden in Robotersystemen einzusetzen und erste selbständige Arbeiten durchzuführen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden erlernen ihr Wissen hinsichtlich des Einsatzes von Methoden und Modellen des Maschinellen Lernens und von autonomen Systemen zu hinterfragen. Sie erlernen Methoden zum Entwerfen von neuen Robotern und den Einsatz von Methoden und Modelle aus dem Fachgebiet Machine Learning. Die Studierenden können die Methoden wiedergeben, fachlich diskutieren, und sich selbst neue Ergebnisse auf dem Gebiet erarbeiten. Die Studierenden üben und erwerben die Kritikfähigkeit an der eigenen und fremden Arbeit. Die Studierenden erlernen Selbstorganisation und Eigenverantwortlichkeit zum eigenständigen Lösen von Aufgaben.

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

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

Inhalt:

- Grundlagen und vertiefende Methoden und Modelle von Ansätzen des maschinellen Lernens
- Grundlagen und vertiefende Methoden von Supervised Learning und Unsupervised Learning
- Grundlagen von neuronalen Netzwerken und modernen Deep Learning Ansätzen
- Grundlagen von Reinforcement Learning
- Machine Learning und deren Einsatzmöglichkeiten in der Robotik und Automatisierungstechnik
- Grundlagen des Entwerfens von autonomen Systemen
- Vertiefung der Kenntnisse durch das Entwerfen eines autonomen Systems oder Roboters
- Grundlagen und vertiefende Methoden und Modelle von Ansätzen der Mustererkennung und des Maschinellen Lernens

Erwartete Vorkenntnisse:

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

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die Leistungsbeurteilung in der Lehrveranstaltung Machine Vision erfolgt prüfungsimmanent im Übungsteil und einer abschließenden mündlichen Prüfung.

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 Learning

4,5/3,0 VU Machine Vision

Network Security

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

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

Inhalt: Network Security: Sicherheitsziele in Kommunikationsnetzen, Bedrohungen und Angriffstechniken, Grundlagen Kryptographie (grundlegende Konzepte, ausgewählte Verfahren), Sicherheitskonzepte für Kommunikationsprotokolle, Netzüberwachung, Netzwerkdatenanalyse, Methoden zur Erkennung von Anomalien im Netzwerkverkehr, begleitende praktische Übungen im Labor.

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

Communication Networks Seminar: Diskussion aktueller Themen aus der Forschung im Bereich Kommunikationsnetze und Netzwerksicherheit, selbständige Bearbeitung von Themen durch die Seminarteilnehmer.

Erwartete Vorkenntnisse:

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

Kognitive und praktische Kompetenzen: Network Security+Advanced Topics Laborübungen: Umgang mit Linux, wünschenswert: MATLAB/octave, wireshark.

Communication Networks Seminar: Eigenständiges Erarbeiten von Themen anhand englischsprachiger Fachliteratur.

Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vorlesungsinhalte werden durch Übungen/Laborübungen vertieft. Im Seminar werden die Teilnehmer zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten angeleitet. Schriftliche und/oder mündliche Prüfungen, Laborabgaben und Seminararbeiten

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 Network Security

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

3,0/2,0 SE Communication Networks Seminar

Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung dieses Moduls haben die Studierenden ein grundlegendes Verständnis von der Systemtheorie und Regelung nichtlinearer dynamischer Systeme gewonnen und beherrschen ausgewählte Methoden zur Analyse und Stabilitätsuntersuchung von nichtlinearen Systemen sowie für den nichtlinearen Regler- und Beobachterentwurf. Studierende können diese Konzepte und Methoden selbstständig einordnen, erklären, bewerten, mit modernen Softwarewerkzeugen simulieren, an konkreten praktischen Problemstellungen anwenden und selbstständig weiter vertiefen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage, die in der Automatisierungstechnischen Praxis und bei robotischen Systemen auftretenden Fragestellungen nichtlinearer dynamischer Systeme 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 ein grundlegendes Verständnis für komplexe Zusammenhänge und die Auswirkung von Nichtlinearitäten in dynamischen Systemen und Prozessen. Sie erwerben auch die Fähigkeit, sich weiterführende Konzepte und Verfahren der nichtlinearen Systemtheorie und Regelungstechnik eigenständig anzueignen und anzuwenden.

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

interdisziplinären Teams effizient zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren und wirksam zu präsentieren; (6) ihre Kompetenzen auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.

Inhalt:

- Grundlegende systemtheoretische Konzepte nichtlinearer dynamischer Systeme, mathematische Grundlagen, Beispiele nichtlinearer Systeme in unterschiedlichen Domänen
- Analysemethoden, Sensitivitätsbetrachtungen, singuläre Störtheorie
- Stabilitätstheorie nichtlinearer autonomer und nichtautonomer Systeme
- Nichtlineare Reglerentwurfsmethoden basierend auf der Lyapunov-Theorie
- Nichtlineare Adaptions- und Schätzverfahren, lernende nichtlineare Systeme
- Differentialgeometrische Reglerentwurfsmethoden (exakte Linearisierung, Nulldynamik, Flachheit)
- Anwendung sämtlicher Methoden an konkreten Laborversuchen unter Verwendung moderner Softwarewerkzeuge und Automatisierungssysteme

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, System- und Signaltheorie, 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. Im Weiteren wird die Beherrschung der Methoden aus dem Modul Grundlagen Robotik und Regelungstechnik, insbesondere die Absolvierung der LU Regelungssysteme und der Übungen der VU Grundlagen der Robotik, für die LU Nichtlineare Dynamische Systeme empfohlen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Beherrschung der und Umgang mit den Methoden der Grundlagenfächer Mathematik, System- und Signaltheorie, 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. Erfahrungen mit Matlab/Simulink sowie einem Computeralgebraprogramm sind wünschenswert.

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag und Diskussion über die methodischen Grundlagen der oben genannten Inhalte mit Folien- und Tafelunterstützung sowie praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse anhand von konkreten Laborversuchen mit Hilfe moderner Softwarewerkzeuge und Automatisierungssysteme. Die Leistungsbeurteilung der VO Nichtlineare Dynamische Systeme und Regelung erfolgt mündlich, die Leistungsbeurteilung der LU Nichtlineare Dynamische Systeme und Regelung setzt sich aus der Überprüfung der vorbereiteten

Aufgaben, der Mitarbeit während der Praktikumsübungen sowie dem Ergebnis von möglichen mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen 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:

4,5/3,0 VO Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung

4,5/3,0 LU Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung

Optimale Systeme

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung dieses Moduls beherrschen Studierende (1) grundlegende Konzepte der mathematischen Optimierung sowie (2) die darauf aufbauenden optimierungsbasierten Methoden für den Systementwurf, die Parameterschätzung, die Trajektorienplanung sowie den Entwurf von Beobachtern (Schätzer für nicht messbare Systemgrößen), Steuerungen und Regelungen. Studierende können diese Konzepte und Methoden selbstständig einordnen, erklären, bewerten, implementieren, simulieren, praktisch anwenden und vertiefen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können Studierende die erlernten Konzepte und Methoden auf praktische Aufgabenstellungen insbesondere im Bereich der Robotik und Automatisierungs- und Regelungstechnik anwenden. Sie können die in praktischen Aufgabenstellungen auftretenden Optimierungsprobleme identifizieren, mathematisch formulieren, geeignete Lösungsmethoden auswählen, analysieren, implementieren, simulieren, praktisch anwenden und vertiefen. Darüber hinaus haben Studierende die Fähigkeit, weiterführende Konzepte und Methoden sowie neue Entwicklungen zu optimalen Systemen im Bereich der Robotik und Automatisierungs- und Regelungstechnik zu bewerten und sich diese eigenständig anzueignen.

Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen: Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: (1) alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachgebiet 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 und ethischer Hinsicht abzuschätzen; (4) selbstverantwortlich und wissenschaftlich zu arbeiten; (5) im Fachbereich dieses Moduls Wissen zu vermitteln, zu beraten, in interdisziplinären Teams effizient zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren und wirksam zu präsentieren; (6) ihre Kompetenzen auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.

Inhalt:

- Mathematische Grundlagen der Optimierung, Formulierung von Optimierungsproblemen
- Statische Optimierung: mit und ohne Beschränkungen, Optimalitätsbedingungen, iterative und numerische Lösungsverfahren
- Dynamische Optimierung: Grundlagen der Variationsrechnung, Optimalitätsbedingungen, Entwurf von Optimalsteuerungen, Minimumsprinzip von Pontryagin, Diskretisierung von dynamischen Optimierungsproblemen
- Modellprädiktive Regelung
- Optimierungsbasierte Schätzung auf bewegten Horizonten

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Die theoretischen Grundlagen werden mit Folien- und Tafelunterstützung vorgetragen. Die theoretischen Kenntnisse werden durch praktische Umsetzung an konkreten Aufgabenstellungen (Rechnungen, Computersimulationen, Laborversuchen) vertieft. Dabei werden gängige Softwarewerkzeuge (z.B. Matlab/Simulink, Computeralgebra) und Automatisierungssysteme verwendet. Die Leistungsbeurteilungen der Lehrveranstaltungen dieses Moduls setzen sich jeweils aus den in einem allfälligen Übungsteil erbrachten Leistungen sowie den Ergebnissen von möglichen mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen 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:

4,5/3,0 VU Optimierung

4,5/3,0 VU Optimierungsbasierte Regelungsmethoden

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

Photonic and Optical Communications

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Vertrautheit mit fortgeschrittenen photonischen Prozessen und Konzepten, Fähigkeit zur analytischen und numerischen Behandlung einschlägiger Problemstellungen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierter Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten aufbauender mathematischer und physikalischer Hilfsmittel der Ingenieurwissenschaften. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalt: Theorie und Technologie integrierter Optik, Polarisationsoptik (Poincare-Kugel), S-Matrix Beschreibung von Interferometern, Laserdesign, 1D, 2D und 3D Festkörperlaser, Güteschaltung, Verstärkungsschaltung, Modelocking, Femtosekundenlaser, parametrische optische Verstärker und Oszillatoren, Quantenwell und Quantenkaskadenlaser, kohärente/Inkohärente Optik, Displays, Detektoren, Bildsensoren, kohärente Detektionsverfahren, nicht-klassische optische Verfahren der Informationsverarbeitung, Nano-Photonik, Terahertz-Photonik. Numerische Analyse photonischer Übertragungssysteme

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Bachelorkenntnisse der Optik, Wellenausbreitung, Festkörperelektronik, Materialwissenschaft.

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

Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Leistungskontrolle durch regelmäßige Tafelleistung, Tests möglich.

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 Photonik 2

3,0/2,0 VO Optische Nachrichtentechnik

3,0/2,0 VO Optical Systems

RF Techniques

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Eigenschaften und mathematische Beschreibung von Hochfrequenztechnischen Systemen, Berechnung von Hochfrequenzschaltungen, Kenntnis von Smith-Chart und gängigen Beschreibungsparametern, Berechnung der Einflüsse von Nichtlinearitäten, Unterscheidung linearer/nichtlinearer Betrieb, Grundlegende Kenntnisse von Sende-Empfängern sowie analoger/digitaler Modulation

Kognitive und praktische Kompetenzen: Verständnis von Wellenausbreitungsphänomenen auf Leitungen. Richtiger Umgang mit Hochfrequenzbauelementen, -steckern, -kabeln und -messgeräten. Durchführung von Messungen an Hochfrequenzschaltungen. Handhabung essentieller Hochfrequenzmessgeräte und grundlegendes Arbeiten mit Hochfrequenz Schaltungssimulatoren. Abschätzung der Einflüsse nicht kalibrierter Elemente im Messaufbau auf das Messergebnis. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalt: Wellen auf Leitungen, Reflexion/Smith-Chart, Lineare Zweitore, Gewinndefinition, Anpassung, Grenzen der Linearität – Intermodulation, Grundlegender Aufbau von Sende-Empfängern, Grundlagen analoger und digitaler Modulationsverfahren, Oszillatoren, Großsignalbetrieb/Leistungsverstärker, Umgang mit Hochfrequenzmessgeräten (Vektor-Netzwerk-Analysator, Spektrum-Analysator, Modulations-Analysator, Leistungsmessgerät), Durchführung kalibrierter Messungen.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik, Grundkenntnisse Elektrotechnik, Grundkenntnisse Schaltungstechnik. Die erfolgreiche Teilnahme an der VU RF Techniques ist eine wesentliche Voraussetzung für die LU Lab RF Techniques. Die Überprüfung der erforderlichen Kenntnisse kann in Form einer mündlichen Labor-Eingangsprüfung erfolgen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Erfahrungen im Umgang mit Labormessgeräten und technischer Software. Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: In der VU RF Techniques werden die Grundlagen Hochfrequenztechnischer Systeme in einem Vortrag vermittelt, der von mehreren Übungseinheiten unterstützt wird. Das Erlernte wird durch das selbständige Lösen von Übungsbeispielen gefestigt.

Im Labor RF Techniques wird in Kleingruppen von max. drei Personen das Erlernte in die Praxis umgesetzt und das Verständnis der Grundlagenlehrinhalte gefestigt. Die Leistungskontrolle erfolgt durch Ein- und Ausgangstests sowie durch die Beurteilung der Mitarbeit.

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 RF Techniques

3,0/2,0 LU Labor RF Techniques

Robot Vision

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Das Modul vermittelt tieferes Wissen in aktuellen Bereichen der Machine Vision und speziell von Robotersehen. Die Studierenden verfügen über ein kritisches Verständnis der wichtigsten Theorien, Prinzipien, Konzepte und Algorithmen des Einsatzes von Bildverarbeitung in der Robotik und Automatisierung. Dieses Modul ermöglicht den Studierenden sich in gezielten Bereichen des Robotersehens zu vertiefen, den Stand der Technik eingehend zu erheben und zu diskutieren, und erste selbständige Arbeiten durchzuführen.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden erlernen ihr Wissen selbständig zu vertiefen. Sie können Methoden und Modelle aus dem Fachgebiet Machine Vision und Robot Vision inhaltlich vollständig wiedergeben, fachlich diskutieren, und sich selbst neue Ergebnisse auf dem Gebiet erarbeiten. Die Studierenden üben und erwerben die Kritikfähigkeit an eigenen und an fremden Arbeiten. Die Studierenden erlernen Selbstorganisation und Eigenverantwortlichkeit zum eigenständigen Lösen von Aufgaben.

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

Inhalt:

- Besonderheiten von Robotersehen als Erweiterung zu Computersehen
- Vertiefung der Kenntnisse in Robot Vision durch Ausarbeitung einer konkreten Fragestellung
- Selbständige Analyse des Stands der Technik
- Erarbeitung eines Lösungsvorschlags und der Implementierung eines Lösungsweges mit den betreuenden Assistent_innen

- Zusammenfassung der Ergebnisse in Form einer Publikation in IEEE-Format und Vortrag
- Aktive Teilnahme an eingeladenen Vorträgen von Experten aus dem Fachgebiet

Erwartete Vorkenntnisse:

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

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

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

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

Signal Processing

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

Kognitive und praktische Kompetenzen: Mathematische Formulierung von typischen Problemen der Signalverarbeitung sowie Beherrschung der zugehörigen Lösungsansätze. Passives Beherrschen von formalen Beweisen. Anwendung klassischer Verfahren der Signalverarbeitung auf praxisrelevante Fragestellungen.

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

Inhalt:

Signal Processing 1:

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

Signal Processing 2:

1. diskrete und kontinuierliche Zufallsvariable, kumulative Verteilungsfunktion, Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, Transformation von Zufallsvariablen, bedingte Verteilungen,
2. Erwartungswerte und Momente, Charakteristische Funktion, Korrelation und Kovarianz,
3. statistische Unabhängigkeit, Orthogonalität und Unkorreliertheit,
4. Karhunen-Loeve-Zerlegung, Dekorrelation, Innovationsdarstellung,
5. MMSE-Schätzung (Wiener Filter), Zufallsprozesse, Stationarität, Mittelwert, Autokorrelationsfunktion, 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:

Fachliche und methodische Kompetenzen: 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.

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

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

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

Smart Grids aus Netzperspektive

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

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

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

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

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

Erwartete Vorkenntnisse:

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

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

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

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

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

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 Smart Grids aus Netzperspektive

4,5/3,0 SE Seminar Smart Grids

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

Special Topics in Machine Learning

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse von Methoden der Informationsverarbeitung und des Lernens basierend auf Graph-Modellen (z.B. für die Abbildung von Daten in technischen, sozialen oder biologischen Netzen). Beherrschen der Konzepte und Verfahren des verstärkenden Lernens (reinforcement learning) auf Grundlage von Markov-Entscheidungsprozessen und dynamischer Programmierung.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Verfahren und anspruchsvolle Methoden aus den Bereichen probabilistische graphische Modelle, Graph-Signalverarbeitung und verstärkendes Lernen sowohl zu verstehen als auch auf praktische ingenieurwissenschaftliche Problemstellungen anzuwenden. Dies umfasst die Problemformulierung, die analytische oder numerische Lösung und die qualitative und quantitative Leistungscharakterisierung.

Inhalt:

Graph Information Processing: Grundlagen der Graphentheorie. Überblick über verschiedene Arten von probabilistischen Graph-Modellen (Bayes'sche Netze, Markov Random Fields, Faktorgraphen). Methoden und Algorithmen zur statistischen Inferenz auf Graphen (Message Passing, Belief Propagation). Signalverarbeitung auf Graphen, im Speziellen Graph-Fourier-Transformation, Filterung und Signalerückgewinnung auf Graphen, maschinelles Lernen und Klassifikation auf Graphen. Anwendungen im Bereich Sensornetze, Infrastrukturnetze, soziale Netze und biologische Netze.

Statistical Reinforcement Learning: Grundlagen und Algorithmen des verstärkenden Lernens, sequentielle Markov'sche Entscheidungsprobleme mit perfekter und imperfekter Information (Probleme mit endlichem und unendlichem Horizont, Optimalitätsgleichungen, Rückwärtsinduktion). Monte-Carlo-Methoden für verstärkendes Lernen und Lernen basierend auf zeitlichen Differenzen (Q-Lernen, SARSA). Anwendungen auf verschiedene Ingenieursprobleme.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Grundlagenkenntnisse zu Signalen und Systemen, Wahrscheinlichkeitstheorie, Zufallsvariablen und linearer Algebra. Die Lehrver-

anstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen von Fragestellungen der Informationsverarbeitung auf Graphen und des verstärkenden Lernens sowie der damit verbundenen Gebiete der Mathematik und Informationstechnik.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vorträge zu den theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumenten der oben genannten Themengebiete, sowie Illustration der Anwendung derselben an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen. Schriftliche bzw. mündliche Prüfungen über theoretische Inhalte. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen oder durch computerbasierte Implementierungen.

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 Graph Information Processing

4,5/3,0 VU Statistical Reinforcement Learning

Wireless Communications

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

Lernergebnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse der Theorie und Praxis der für die Grundlagen der drahtlosen und mobilen Kommunikation wichtigen physikalischen, technischen und mathematischen Konzepte und Methoden. Kenntnisse von standardisierten Mobilfunksystemen und Stand der Technik in diesem Gebiet.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Beherrschung der physikalischen, mathematischen und technischen Grundlagen zur Bearbeitung konkreter ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen im Bereich der drahtlosen und mobilen Kommunikation. Dieses Modul vermittelt das grundlegende Wissen über drahtlose und mobile Übertragungskanäle sowie die mathematischen und nachrichtentechnischen Methoden, um in den später folgenden spezialisierten Modulen weitergehende Fragestellungen der drahtlosen und mobilen Kommunikation adäquat behandeln zu können. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

Inhalt: Wireless Communications 1: Einführung in die drahtlose und mobile Kommunikation und deren Problemstellungen und Systemkonzepte. Eigenschaften des mobilen Übertragungskanals. Der zellulare Systementwurf; Fundamentale Trade-offs in Latenz, Zuverlässigkeit und Datenrate. Einführung in Systemkonzepte und Netzarchitekturen der dritten und vierten Generation: Verbindungsaufbau, Leistungsregelung, adaptive Modulation und Codierung, Handoverkonzepte mit ihren Protokollen und Kontroll-

kanälen. Integration von Daten- und Sprachdiensten. Aufbau und Eigenschaften von Antennen und Antennengruppen; Codierung, Modulation und Übertragungsverfahren. Kanalcharakterisierung: insbesondere Schwundmechanismen, doppelt selektive Übertragungskanäle und deren Signal- und Systemtheorie (Abschattung, Mehrwegeausbreitung, Dopplerverbreiterung, WSSUS Annahme, Streufunktion).

Wireless Communications 2: Besondere Notwendigkeit effizienter Ressourcennutzung (Leistung und Bandbreite) in der Mobilkommunikation. Gemeinsame Quellen- und Kanalcodierung wegen notwendigerweise nicht perfekter Codierungsalgorithmen aufgrund systembedingter Beschränkungen der Verzögerung und des möglichen Rechenaufwands. Praktische Konzepte der gemeinsamen Quellen- und Kanalcodierung; „soft-information processing“ als Grundlage moderner Verfahren. Notwendigkeit des Cross-Layer Designs aus System Sicht, um die Benutzer des Systems, unter Berücksichtigung ihrer Serviceanforderungen, dann mit Daten zu versorgen, wenn ihre Verbindung zur Basisstation hohe Datenrate mit geringer Sendeleistung ermöglicht (Multi-user diversity gain); praktische Verfahren zur Ressourcen-Zuteilung (Scheduling).

Labor Wireless Communications: Praktische Erprobung und Umsetzung von bereits erworbenen theoretischen Kenntnissen im Bereich der drahtlosen und mobilen Kommunikation. Im Rahmen der Laborübung werden vor allem die Aspekte Wellenausbreitung im Funkkanal und digitale Modulationsformate behandelt. Mit Hilfe von marktüblichen Messgeräten werden Experimente zu vorgegebenen Themen von den Studierenden aufgebaut und durchgeführt. Grundlegende Effekte und Parameter aus dem Bereich der drahtlosen Kommunikation wie z.B. Fading, Diversity, Gewinn, Sättigung, Bitfehler und Rauschen werden von den Studierenden messtechnisch erfasst und in weiterer Folge auch auf ihre Bedeutung bzw. ihren Einfluss auf die Übertragung untersucht und diskutiert. Die praktische Anwendung von theoretischem Wissen in ausgewählten Teilbereichen soll zu einer Vertiefung des Verständnisses dieser wichtigen Kommunikationstechnologie führen.

Erwartete Vorkenntnisse:

Fachliche und methodische Kompetenzen: Kenntnisse der Grundlagen der Elektrotechnik, Signale und Systeme, Telekommunikation und Basiswissen im Bereich der Informationstheorie sowie Kenntnis des Inhalts des Moduls Signal Processing. Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

Kognitive und praktische Kompetenzen: Fähigkeit zum Verstehen von Fragestellungen der drahtlosen und mobilen Kommunikation und der damit verbundenen Gebiete im Bereich der Physik, Wellenausbreitung, Telekommunikation, Mathematik und Informationstechnik.

Verpflichtende Voraussetzungen: Keine.

Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung: Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen. Schriftliche und mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theo-

riefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen; Tests auch in der Laborübung möglich.

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 Wireless Communications 1

3,0/2,0 VO Wireless Communications 2

3,0/2,0 LU Lab Wireless Communications

B Übergangsbestimmungen

1. Sofern nicht anders angegeben, wird im Folgenden unter Studium das *Masterstudium Information and Communication Engineering (Studienkennzahl UE 066 507)* verstanden. Der Begriff neuer Studienplan bezeichnet diesen ab 1.10.2024 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 Information and Communication Engineering 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 1.7.2024 zum Masterstudium Information and Communication Engineering 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, sofern im Folgenden nicht anders bestimmt, jedenfalls für den Studienabschluss verwendet werden, wenn die Lehrveranstaltung von der_dem Studierenden mit Stoffsemester Sommersemester 2024 oder früher absolviert wurde.
6. Überschüssige ECTS-Punkte können als Ersatz für zu erbringende Leistungen in den Freien Wahlfächern und/oder Transferable Skills verwendet werden.
7. Fehlen nach Anwendung der Bestimmungen aus den Äquivalenzlisten ECTS-Punkte zur Erreichung der notwendigen 120 ECTS-Punkte für den Abschluss des Masterstudiums, so können diese durch noch nicht verwendete Lehrveranstaltungen aus den Wahlmodulen und/oder Freien Wahlfächern und Transferable Skills im notwendigen Ausmaß abgedeckt werden.
8. Das Vertiefungsmodul *Digital Communications* (9 ECTS) des alten Studienplans wird durch das Vertiefungsmodul *Special Topics in Machine Learning* (9 ECTS) des neuen Studienplans ersetzt. Dabei gilt:
 - a) Jede der Lehrveranstaltungen des Moduls *Digital Communications*, also
 - 4,5/3,0 VU Digital Communications 1

- 4,5/3,0 VU Digital Communications 2

kann im Modul *Special Topics in Machine Learning* anerkannt werden.

- b) Jede der Lehrveranstaltungen des Moduls *Special Topics in Machine Learning*, also

- 4,5/3,0 VO Graph Information Processing
- 4,5/3,0 VU Statistical Reinforcement Learning

kann im Modul *Digital Communications* anerkannt werden.

9. Folgende Module des alten Studienplans können im *Modulkatalog B* des neuen Studienplans angerechnet werden:

- Advanced Digital Communications (9 ECTS)

10. Folgende Module des alten Studienplans können im *Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete* des neuen Studienplans angerechnet werden:

- Antriebe und Stromrichter (9 ECTS)
- Antriebe – Vertiefung (9 ECTS)
- Betriebssysteme und Software Engineering - Vertiefung (9 ECTS)
- Energieversorgung Vertiefung (9 ECTS)
- Energiewandlung und -übertragung (9 ECTS)
- Energiewirtschaft und Umwelt - Vertiefung (9 ECTS)
- Leistungselektronik (9 ECTS)
- Modellierung und Regelung Vertiefung (9 ECTS)
- Stromversorgungsnetze - Praxis (9 ECTS)

11. Folgende LVAs des alten und neuen Studienplans sind als äquivalent zu betrachten:

Studienplan Alt	Studienplan Neu
3,0/2,0 VO Bayesian Machine Learning	3,0/2,0 VO Probabilistic Machine Learning
3,0/2,0 VO Convex Optimization for Signal Processing and Communications	3,0/2,0 VO Convex Optimization for Information and Communication Engineering

12. Die LVA 3,0/2,0 SE Digital Communications Seminar im Modul *Advanced Digital Communications* (9 ECTS) des alten Studienplans wird nicht länger angeboten. Es entfällt daher die Pflicht, dieses Seminar im Modul *Advanced Digital Communications* zu absolvieren. Stattdessen kann eine andere der LVAs des Moduls *Advanced Digital Communications* angerechnet werden; dies umfasst:

- 3,0/2,0 VO Quellencodierung
- 3,0/2,0 VO Drahtlose Mehrträgersysteme
- 3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications
- 3,0/2,0 VO Information Theory for Communication Engineers

13. Es gelten folgende Äquivalenzen:

Studienplan Alt	Studienplan Neu
3,0/2,0 VO Betriebssysteme	1,5/2,0 VO Betriebssysteme für Elektrotechnik und 1,5/2,0 VO Echtzeitsysteme für Elektrotechnik
3,0/2,0 Software Engineering 2	3,0/3,0 VU Dependable Systems

C Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

Beispiel für einen Studienplan. Die LVAs sind teilweise abhängig von der Auswahl der Module in den Prüfungsfächern, hier beispielhaft gewählt:

- Prüfungsfach *Vertiefung Information and Communication Engineering* (36 ECTS)
 - Modulkatalog A:
 - * *Communication Networks*
 - * *Photonic and Optical Communications*
 - Modulkatalog B:
 - * *Network Security*
 - * *Advanced Photonics*
- Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete* (27 ECTS)
 - Modulkatalog A: *Special Topics in Machine Learning*
 - Modulkatalog B: *Advanced Machine Learning*
 - Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete: *Smart Grids aus Netzperspektive*

1. Semester (WS)

30,0 ECTS

4,5/3,0 VU Signal Processing 1
4,5/3,0 VU Signal Processing 2
6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms
4,5/3,0 VO Communication Networks 1
3,0/2,0 VU Photonik 2
3,0/2,0 VO Optische Nachrichtentechnik
4,5 Freie Wahlfächer und Transferable Skills

2. Semester (SS)

30 ECTS

3,0/2,0 VO Convex Optimization for Information and Communication Engineering
4,5/3,0 VU Communication Networks 2
4,5/3,0 VU Graph Information Processing
3,0/2,0 VO Optical Systems
3,0/2,0 SE Seminar Photonik
3,0/2,0 VU Network Security
3,0/2,0 SE Communication Networks Seminar
4,5/3,0 VU Smart Grids aus Netzperspektive
1,5 Freie Wahlfächer und Transferable Skills

3. Semester (WS)

30,0 ECTS

6,0/4,0 VU Photonik-Vertiefung

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

4,5/3,0 VU Statistical Reinforcement Learning

3,0/2,0 VO Probabilistic Machine Learning

6,0/4,0 LU Machine Learning Laboratory

4,5/3,0 SE Seminar Smart Grids

3,0 Freie Wahlfächer und Transferable Skills

4. Semester (WS)

30,0 ECTS

30,0 Diplomarbeit

D Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen

Prüfungsfach „Grundlagen Information and Communication Engineering“ (18,0 ECTS)

Modul „Signal Processing“ (9,0 ECTS)

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

Modul „Machine Learning Basics“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Convex Optimization for Information and Communication Engineering
6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms

Prüfungsfach „Vertiefung Information and Communication Engineering“ (36,0 ECTS)

Modul „Communication Networks“ (9,0 ECTS)

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

Modul „Photonic and Optical Communications“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Photonik 2
3,0/2,0 VO Optische Nachrichtentechnik
3,0/2,0 VO Optical Systems

Modul „RF Techniques“ (9,0 ECTS)

6,0/4,0 VU RF Techniques
3,0/2,0 LU Labor RF Techniques

Modul „Special Topics in Machine Learning“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Graph Information Processing
4,5/3,0 VU Statistical Reinforcement Learning

Modul „Wireless Communications“ (9,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Wireless Communications 1
3,0/2,0 VO Wireless Communications 2
3,0/2,0 LU Lab Wireless Communications

Modul „Advanced Machine Learning“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Probabilistic Machine Learning
6,0/4,0 LU Machine Learning Laboratory

Modul „Advanced Photonics“ (9,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Photonik-Vertiefung
3,0/2,0 SE Seminar Photonik

Modul „Advanced RF Techniques“ (9,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Advanced RF Techniques
3,0/2,0 SE Seminar RF Techniques

Modul „Advanced Signal Processing“ (9,0 ECTS)

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

Modul „Advanced Wireless Communications“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VO Advanced Wireless Communications 1
3,0/2,0 VO Advanced Wireless Communications 2
3,0/2,0 VO Advanced Wireless Communications 3
3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications
3,0/2,0 SE Seminar Wireless Communications
3,0/2,0 SE Internationales Seminar Mobilkommunikation

Modul „Network Security“ (9,0 ECTS)

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

Prüfungsfach „Angrenzende Fachgebiete“ (27,0 ECTS)

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

3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente
3,0/2,0 VU Mikrosystemtechnik
3,0/2,0 VU Modellierung elektronischer Bauelemente

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

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

Modul „Analoge und Digitale Schaltungen“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Digitale Integrierte Schaltungen
3,0/2,0 VU Integrierte Schaltungstechnik
3,0/2,0 VU Fehlertolerante Systeme
3,0/2,0 UE Labor Digitale Integrierte Schaltungen

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

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

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

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik Vertiefung

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

3,0/2,0 VU Analoge Integrierte Schaltungen

3,0/2,0 VU Digitale Integrierte Schaltungen

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

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

Modul „Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen - Vertiefung“ (9,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik Vertiefung

3,0/2,0 SE Seminar Schaltungstechnik

3,0/2,0 VO Optoelekt. integrierte Schaltungen

Modul „Automation“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Responsible Research Practice

3,0/2,0 VU Industrielle Automation

3,0/2,0 VU Industrielle Kommunikationstechnik

Modul „Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VO Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung

4,5/3,0 LU Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung

Modul „Optimale Systeme“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Optimierung

4,5/3,0 VU Optimierungsbasierte Regelungsmethoden

Modul „Grundlagen Robotik und Regelungstechnik“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Grundlagen der Robotik

3,0/2,0 VO Regelungssysteme

1,5/1,0 LU Regelungssysteme

Modul „Human Centered Robotics“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Manipulation und Lokomotion

4,5/3,0 VU Robot Learning

Modul „Robot Vision“ (9,0 ECTS)

6,0/4,0 VU Robot Vision: Selected Topics

3,0/2,0 VU Robot Vision: Industry and Research

Modul „Machine Learning und Autonome Systeme“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Machine Learning

4,5/3,0 VU Machine Vision

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

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

Modul „Algorithmik“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Approximation Algorithms
4,5/3,0 VO Analysis of Algorithms
1,5/1,0 UE Analysis of Algorithms
4,5/3,0 VU Algorithmic Geometry
4,5/3,0 VU Algorithms in Graph Theory
6,0/4,0 VU Algorithmics
3,0/2,0 SE Seminar aus Algorithmik
6,0/4,0 VU Distributed Algorithms
3,0/2,0 VU Heuristic Optimization Techniques
3,0/2,0 VU Mathematical Programming
3,0/2,0 VU Parallele Algorithmen
3,0/2,0 VU Problem Solving and Search in Artificial Intelligence
3,0/2,0 VU Real-Time Scheduling

Modul „Artificial Intelligence“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Applied Deep Learning
3,0/2,0 VU Probabilistic Reasoning
3,0/2,0 VO Generative AI
3,0/2,0 SE Seminar in Artificial Intelligence

Modul „Energiewirtschaft“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VU Energieökonomie
4,5/3,0 VU Energiemodelle und Analysen

Modul „Energieökonomie und Umwelt“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Energy Systems and Climate Change
3,0/2,0 VU Umweltschutz in der Energiewirtschaft
3,0/2,0 VU Ökonomie der Erneuerbaren Energiesysteme

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

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

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

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

Modul „Basics of Biology for Information Engineering“ (9 ECTS)

3,0/2,0 VO Biology
3,0/2,0 VO Biomedical Sensors and Signals
3,0/2,0 VO Biophysik
1,5/1,0 VO Introduction to Biostatistics
1,5/1,0 VO Mathematical Systems Biology

Modul „Basics of Physiology“ (9,0 ECTS)

4,5/3,0 VO Anatomy and Histology
4,5/3,0 VO Physiology and Basics of Pathology

Modul „Biomedizintechnik“ (9,0 ECTS)

3,0/2,0 VU Advanced Biostatistics
3,0/2,0 VO Medizinische Bildverarbeitung
3,0/2,0 UE Medizinische Bildverarbeitung
3,0/2,0 VO Bioinformatics for Biomedical Engineers

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

Prüfungsfach „Diplomarbeit“ (30,0 ECTS)

27,0 ECTS Diplomarbeit
3,0 ECTS Kommissionelle Abschlussprüfung

E Vorschläge für mögliche Studienpfade und Erläuterung zugehöriger Berufsbilder

Die nachfolgend angeführten möglichen Studienpfade verdeutlichen die Vielseitigkeit des Masterstudiengangs *Information and Communication Engineering*. Diese Vielfalt ergibt sich durch die Auswahl an Modulen im Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete*.

E.1 Telecommunications

Dieser Studienpfad bietet eine Ausbildung zum Telecommunications-Specialist durchgängig in englischer Sprache. Das Berufsbild der Absolventinnen und Absolventen ist fokussiert auf Anwendungen der Telekommunikation, von der mobilen Kommunikation bis hin zur Auslegung optischer und kabelgebundener Netze. Ebenso sind die Absolventinnen und Absolventen in der Lage, Fragen der Schaltungsauslegung oder des Antennendesigns zu behandeln. Dieser Studienpfade bietet eine fundierte Grundlagenausbildung im Bereich der Telekommunikation und zeigt deren Anwendung und Umsetzung in wichtigen Technologie-Standards auf.

Relevante Module im Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete* sind für diesen Studienpfad aus dem *Modulkatalog A* und dem *Modulkatalog B* auszuwählen, um einen Fokus auf Themenschwerpunkte im spezifischen Bereich der Telekommunikation zu erzielen. Alle Module aus diesen beiden Katalogen werden in englischer Sprache angeboten.

E.2 Informations- und Kommunikationstechnik

Dieser Studienpfad bietet eine umfassende Ausbildung im Bereich der IKT mit einem Fokus auf Technologien und Systemen zur Erfassung, Speicherung, Verarbeitung, Übertragung und Nutzung von Informationen. Dies umfasst Computerhardware und -software, Netzwerke, Internetdienste, Mobilgeräte sowie andere Mittel zur Kommunikation und zum Austausch von Daten und Informationen über verschiedene Kanäle und Plattformen. Die Absolventinnen und Absolventen dieses Studienpfads erwerben ein vielfältiges Berufsbild, das sowohl Techniken der Telekommunikation als auch der Computertechnik einschließt. Der Schwerpunkt der Ausbildung liegt auf Methoden im Zusammenhang mit der Verarbeitung, Speicherung und effizienten Handhabung großer Datenmengen.

Relevante Module im Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete* aus dem *Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete* sind:

- Grundlagen der Informatik (9,0 ECTS)
- Design hochintegrierter Schaltungen (9,0 ECTS)
- Algorithmik (9,0 ECTS)
- Analoge Schaltungen / Mixed Signal Vertiefung (9,0 ECTS)

E.3 Machine Learning Engineering

Dieser durchgängig englischsprachige Studienpfad ermöglicht eine Ausbildung zum Machine Learning Engineer. Absolventinnen und Absolventen dieses Studienpfads haben die nötige Expertise, um als Teammitglieder im Bereich Data Science, Robotik, autonome Systeme etc. tätig zu sein. Mögliche Aufgabenbereiche umfassen die Recherche, den Entwurf, und die Umsetzung von Methoden des maschinellen Lernens sowie Betrieb, Wartung, Auswertung und Verbesserung von KI-Systemen.

Eine mögliche Auswahl an Modulen für diesen Studienpfad umfasst neben *Special Topics in Machine Learning* aus dem *Modulkatalog A* und *Advanced Machine Learning* aus dem *Modulkatalog B* die Module *Machine Learning und Autonome Systeme*, *Robot Vision* und *Artificial Intelligence* im Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete*.

E.4 Telekom Schaltungs- und System-Design

Dieser Studienpfad bietet eine hardwarenahe Ausbildung im Bereich Planung, Entwicklung und Implementierung von Schaltkreisen und Systemen in Telekommunikationsnetzen. Die Absolventinnen und Absolventen dieses Studienpfads verstehen die grundlegenden Lösungen im nachrichtentechnischen Umfeld und können diese in konkrete Entwicklungen von Schaltungen, Chips und Telekommunikationssystemen umsetzen. Sie finden Arbeitsplätze nicht nur in der Halbleiterindustrie, sondern auch im Anlagenbau und in der Konzeption moderner Telekommunikationsanlagen. Das Ausbildungsprofil ist von praktischer Umsetzbarkeit im Schaltungs- und Systembereich geprägt.

Relevante Module im Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete* aus dem *Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete* sind:

- Analoge und Digitale Schaltungen (9,0 ECTS)
- Bauelemente und Systeme (9,0 ECTS)
- Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen - Vertiefung (9,0 ECTS)
- Bauelemente und Systeme – Vertiefung (9,0 ECTS)

E.5 Information and Communication Engineering in der Energietechnik

Dieser Studienpfad bietet eine umfassende Ausbildung, die sich gezielt mit der Anwendung und Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien in verschiedenen Bereichen der Energietechnik befasst. Das Berufsfeld dieses Studienpfads konzentriert sich darauf, Informationen bei der Betriebsführung von Anlagen zur Erzeugung elektrischer Energie zu übertragen, zu verarbeiten und zu speichern. Mit der aufkommenden Infrastruktur im Bereich “smart metering” entstehen “smart grids” und “smart cities”, die eine besonders effiziente Energieverwaltung ermöglichen. Wesentliche Eigenschaften dieser aufstrebenden Berufsgruppe umfassen Kenntnisse über IT-Infrastrukturen wie das Internet und drahtlose Datenübertragung sowie Fachwissen über die optimale Steuerung und Übertragung von Energie in der Versorgungstechnik.

Relevante Module im Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete* aus dem *Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete* sind:

- Smart Grids aus Netzperspektive (9,0 ECTS)
- Energiewirtschaft (9,0 ECTS)
- Informationstechnik in Smart Grids (9,0 ECTS)
- Energieökonomie und Umwelt (9,0 ECTS)

E.6 Information and Communication Engineering in der Automatisierungs- und Regelungstechnik

Dieser Studienpfad bietet eine eingehende Ausbildung im Bereich der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in modernen Automatisierungslinien und Regelungssystemen. Diese Systeme erfordern präzise Echtzeitübertragung großer Datenmengen bei gleichzeitig höchster Sicherheit. Darüber hinaus integrieren sie oft aktive und passive Sensoren, die mittels Nahfeldkommunikation gesteuert und abgefragt werden. Absolventinnen und Absolventen dieses Studienpfads sind Experten in Übertragungstechniken und besitzen fundierte Kenntnisse über existierende Feldbussysteme sowie deren praktische Anwendung in der Automatisierung. Sie besitzen fundierte Kenntnisse in Datennetzinfrastrukturen sowie in kabelgebundener und drahtloser Kommunikation.

Relevante Module im Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete* aus dem *Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete* sind:

- Automation (9,0 ECTS)
- Grundlagen Robotik und Regelungstechnik (9,0 ECTS)
- Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung (9,0 ECTS)
- Optimale Systeme (9,0 ECTS)

E.7 Information and Communication Engineering für autonome Systeme und Robotik

Dieser Studienpfad bietet eine eingehende Ausbildung, die sich mit der Informationsverarbeitung und Kommunikation in autonomen Systemen und Robotik befasst. IKT ermöglicht es diesen Systemen, Informationen in Echtzeit zu analysieren, Entscheidungen zu treffen und mit ihrer Umgebung zu interagieren, was zu effizienteren und präziseren autonomen Operationen führt. Diese Technologien tragen wesentlich dazu bei, die Leistungsfähigkeit und Funktionalität von autonomen Systemen und Robotern in verschiedenen Bereichen wie Industrie, Transport, Gesundheitswesen und anderen Anwendungsgebieten zu verbessern. Die Absolventinnen und Absolventen dieses Studienpfads verfügen über das erforderliche Know-how zur Entwicklung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien sowie zu deren Anwendung in autonomen Systemen.

Relevante Module im Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete* aus dem *Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete* sind:

- Machine Learning und Autonome Systeme (9,0 ECTS)
- Grundlagen Robotik und Regelungstechnik (9,0 ECTS)
- Robot Vision (9,0 ECTS)
- Human Centered Robotics (9,0 ECTS)

E.8 Informations- und Signalverarbeitung in den Life Sciences

Dieser Studienpfad behandelt moderne Verfahren zur Informations- und Signalverarbeitung im Kontext der Life Sciences. In bio- und medizintechnischen Szenarien besteht eine hohe Nachfrage nach Expertinnen und Experten mit Kompetenzen in der Signalverarbeitung, insbesondere bei der Entwicklung hochmoderner biomedizinischer Geräte (beispielsweise in der bildgebenden Diagnostik). Diese Geräte werden eingesetzt, um die gesammelten Daten auf medizinische Aspekte hin zu analysieren (z.B. Erkennung von Epilepsieanfällen) und um biologische Systeme wie Proteinnetzwerke und Gensequenzen zu untersuchen. Die Absolventinnen und Absolventen dieses Studienpfads verfügen daher neben einer soliden Grundlage in Informations- und Signalverarbeitung auch über vertiefte Kenntnisse im biomedizinischen Bereich.

Relevante Module im Prüfungsfach *Angrenzende Fachgebiete* aus dem *Modulkatalog Angrenzende Fachgebiete* sind:

- Basics of Biology for Information Engineering (9 ECTS)
- Basics of Physiology (9,0 ECTS)
- Biomedizintechnik (9,0 ECTS)