



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Bachelor

**Master**

Doktorat

Universitäts-  
lehrgang

Studienplan (Curriculum)  
für das  
**Masterstudium**  
**Automatisierung und Robotische Systeme**  
**UE 066 515**

Technische Universität Wien  
Beschluss des Senats der Technischen Universität Wien  
am 20. Juni 2022

Gültig ab 1. Oktober 2022

# 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	11
7. Prüfungsordnung	11
8. Studierbarkeit und Mobilität	13
9. Diplomarbeit	13
10. Akademischer Grad	13
11. Qualitätsmanagement	14
12. Inkrafttreten	14
13. Übergangsbestimmungen	15
A. Modulbeschreibungen	16
B. Lehrveranstaltungstypen	53
C. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen	54
D. Semesterempfehlung für schiefeinsteigende Studierende	55
E. Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen	56

# 1. Grundlage und Geltungsbereich

Der vorliegende Studienplan definiert und regelt das ingenieurwissenschaftliche Masterstudium *Automatisierung und Robotische Systeme* 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 *Automatisierung und Robotische Systeme* vermittelt eine vertiefte, wissenschaftlich und methodisch hochwertige, auf dauerhaftes Wissen ausgerichtete Bildung, welche die Absolvent\_innen sowohl für eine Weiterqualifizierung vor allem im Rahmen eines facheinschlägigen Doktoratsstudiums als auch für eine Beschäftigung in beispielsweise folgenden Tätigkeitsbereichen befähigt und international konkurrenzfähig macht:

- Führung und eigenverantwortliche Mitarbeit bei der Entwicklung und Projektierung von Einzelkomponenten bis zu Gesamtlösungen für Automatisierungssysteme und robotische Systeme
- Führung von Teams und eigenverantwortliche Mitarbeit bei Aufgaben der Mess- und Regelungstechnik, der Mechatronik und Automation, der Robotik und der applikationsnahen Systemintegration
- Eigenverantwortliche hochwertige Tätigkeiten im Bereich der Konzeptionierung, Planung, Optimierung und Umsetzung von mechatronischen Systemen, industriellen Automatisierungsprozessen und -anlagen sowie von autonomen robotischen Systemen
- Eigenverantwortliche hochwertige Tätigkeiten im Bereich der Entwicklung und Umsetzung von robotischen Assistenzsystemen und (semi-) autonomen Maschinen und Anlagen
- Eigenverantwortliche hochwertige Tätigkeiten im Bereich der Instrumentierung, Analyse, Entwurf und Systemintegration komplexer wissenschaftlicher Geräte
- Eigenständige methodenorientierte wissenschaftliche Forschungstätigkeit an Universitäten, Forschungszentren und in der Industrie
- Führung und Mitarbeit in interdisziplinären Projekt- und Entwicklungsteams

Automatisierung und robotische Systeme sind zentrale Bestandteile vieler (technischer) Systeme, Anlagen und Produkte und wesentliche Treiber der digitalen Transformation in Unternehmen. Die technischen Fortschritte im Bereich der Sensorik, Aktorik, Algorithmik, der Echtzeitkommunikation und Vernetzung sowie insbesondere der Rechenplattformen führt zu einer immer weiteren Verbreitung von teil- bzw. vollautomatisierten technischen Systemen. Die Bandbreite reicht dabei von großen industriellen Produktionsanlagen in der Rohstoffindustrie, im Anlagenbau, im Maschinenbau, in der

Nahrungsmittelindustrie, in der verfahrenstechnischen Industrie, in der Recycling- und Abfallwirtschaft, in der Bauindustrie, in der Luft- und Raumfahrtindustrie, in der Elektroindustrie, in der Elektronik- und Halbleiterindustrie, in der wissenschaftlichen Instrumentierung und Messtechnik über die robotische Unterstützung im Dienstleistungssektor und im medizinischen Bereich bis hin zu vollintegrierten automatisierten flexiblen und adaptiven Komponenten und autonomen Arbeitsmaschinen und Fahrzeugen.

Das Masterstudium *Automatisierung und Robotische Systeme* befähigt Absolvent\_innen dazu, automatisierungstechnische, mechatronische und robotische Lösungen, intelligente Assistenzsysteme sowie autonome und teilautonome Funktionen für unterschiedlichste Anwendungen zu konzipieren, zu analysieren, zu entwerfen und zu optimieren. Dazu werden wissenschaftlich fundierte Kenntnisse sowohl in den Teildisziplinen Sensorik, Aktorik, Mechatronik, Regelungs- und Steuerungstechnik, Signal- und Systemtheorie, physikalisch- und daten-basierte mathematische Modellbildung, Bildverarbeitung, künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen, Robotik und autonome Systeme, als auch im synergetischen Zusammenspiel der einzelnen Komponenten durch eine grundlegende systemtheoretische Sichtweise des Gesamtsystems vermittelt. Im Weiteren werden wesentliche Aspekte der Mensch-Maschine Schnittstelle, der sozialen Implikationen und Ethik sowie der Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit im Masterstudium integriert.

Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium *Automatisierung und Robotische Systeme* Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt.

**Fachliche und methodische Kompetenzen** Im Masterstudium *Automatisierung und Robotische Systeme* erlangen die Studierenden ein tiefgehendes Verständnis der technischen und naturwissenschaftlichen Zusammenhänge von Automatisierungssystemen und robotischen Systemen und deren Wechselwirkungen basierend auf dem Stand der Wissenschaft und Technik. Im Speziellen werden die Studierenden auf eine umfassende Problemlösungskompetenz und den Anspruch eines ganzheitlichen Systemdenkens zur Erfassung komplexer Zusammenhänge ausgebildet. Die Studierenden können sich vertiefende Methodenkompetenz und Fachwissen auf den Gebieten Automatisierung, Modellierung, Optimierung, Systemanalyse, Simulation, Steuerung und Regelung, Präzisions- und Prozessmesstechnik, Mechatronik, Bildverarbeitung, Instrumentierung, Industrierobotik, autonome Systeme, Mensch-Roboter Interaktion, Sensor- und Aktorsysteme, Mensch-Maschine Schnittstellen, Informatik und Softwareentwicklung, Kommunikations- und Netzwerktechnik sowie Prozessleitsysteme aneignen. Sie beherrschen die wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden und verfügen so nicht nur über eine hervorragende Ausgangsbasis für die weitere berufliche Tätigkeit, sondern auch für eine weiterführende Qualifikation im Rahmen eines fachnahen Doktoratsstudiums.

**Kognitive und praktische Kompetenzen** Absolvent\_innen des Masterstudiums *Automatisierung und Robotische Systeme* haben die Fähigkeit, anspruchsvolle Aufgaben in ihrem Fachgebiet einschließlich angrenzender interdisziplinärer Fachgebiete wissenschaftlich zu analysieren, formal zu beschreiben und optimierte Lösungen im Sinne einer Gesamtsystembetrachtung zu entwickeln. Sie können komplexe Sachverhalte systematisch erfassen und haben die Fertigkeiten diese zu strukturieren und analysieren.

Sie sind darin geübt, mit angemessenen Methoden unter Einbeziehung moderner, ingenieurwissenschaftlicher Entwurfs- und Analyse-Software und unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen innovative Lösungen in einem interdisziplinären Kontext zu erarbeiten. Sie haben im Rahmen ihres Studiums bereits wissenschaftliche Arbeiten verfasst und verfügen so über die Befähigung zur selbstständigen wissenschaftlichen Arbeit und Forschung. Sie sind imstande, sich die Informationen und Kenntnisse zu verschaffen, die zum Einstieg in eine neue Technik oder in verwandte Wissenschaftsdisziplinen notwendig sind. Sie können neue Entwicklungen in ihr Wissensschema einordnen und kritisch bewerten und sind in der Lage sich in neue Wissensbereiche einzuarbeiten. Sie haben gelernt, Ergebnisse ihrer Arbeit zu dokumentieren, zu präsentieren und zu kommunizieren.

**Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen** Absolvent\_innen des Masterstudiums *Automatisierung und Robotische Systeme* können ihre Ideen wirkungsvoll und mit zeitgemäßen Mitteln umsetzen und präsentieren, und zeichnen sich durch Zielstrebigkeit und eine ergebnisorientierte Herangehensweise aus. Sie haben bereits praktische Erfahrung in der Teamarbeit gesammelt. Sie besitzen Kosten- und Qualitätsbewusstsein und sind in der Lage, die Entwicklungen der Automatisierung und Robotik in ihren sozialen und ökologischen Auswirkungen abzuschätzen, ethische Grundprinzipien einzuhalten und für eine menschengerechte Technik einzutreten.

### 3. Dauer und Umfang

Der Arbeitsaufwand für das Masterstudium *Automatisierung und Robotische Systeme* 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 *Automatisierung und Robotische Systeme* 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*, *Maschinenbau*, *Technische Informatik*, *Technische Physik* und *Technische Mathematik* an der Technischen Universität Wien, die Bachelorstudien *Elektrotechnik*, *Maschinenbau* und *Information and Computer Engineering* an der Technischen Universität Graz sowie das Bachelorstudium *Mechatronik* der Johannes Kepler Universität Linz.

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

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

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

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

## 5. Aufbau des Studiums

Die Inhalte und Qualifikationen des Studiums werden durch *Module* vermittelt. Ein Modul ist eine Lehr- und Lerneinheit, welche durch Eingangs- und Ausgangsqualifikationen, Inhalt, Lehr- und Lernformen, den Regelarbeitsaufwand sowie die Leistungsbeurteilung gekennzeichnet ist. Die Absolvierung von Modulen erfolgt in Form einzelner oder mehrerer inhaltlich zusammenhängender *Lehrveranstaltungen*. Thematisch ähnliche Module werden zu *Prüfungsfächern* zusammengefasst, deren Bezeichnung samt Umfang und Gesamtnote auf dem Abschlusszeugnis ausgewiesen wird.

### Prüfungsfächer und zugehörige Module

Das Masterstudium *Automatisierung und Robotische Systeme* gliedert sich in nachstehende Prüfungsfächer mit den ihnen zugeordneten Modulen.

Neben den Pflichtmodulen *Automation, Mechatronische Systeme, Grundlagen Robotik und Regelungstechnik* sowie *Machine Learning und Autonome Systeme* sind drei Vertiefungsmodule zu wählen; dabei müssen mindestens zwei Module aus dem Modulkatalog A und maximal ein Modul aus dem Modulkatalog B gewählt werden. Zusätzlich muss das Modul *Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften* absolviert werden, das frei aus der Liste von Lehrveranstaltungen im Modul sowie mit Lehrveranstaltungen aus allen nicht belegten Vertiefungsmodulen aus dem Modulkatalog A und dem Modulkatalog B im Umfang von 18 ECTS befüllt werden kann. Schließlich ist das Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* verpflichtend zu absolvieren.

### Automation und Mechatronik (18,0 ECTS)

Automation (9,0 ECTS)

Mechatronische Systeme (9,0 ECTS)

## **Robotik und autonome Systeme (18,0 ECTS)**

Grundlagen Robotik und Regelungstechnik (9,0 ECTS)

Machine Learning und Autonome Systeme (9,0 ECTS)

## **Vertiefung Automatisierung und robotische Systeme (27,0 ECTS)**

In diesem Prüfungsfach sind entweder drei Module aus dem Modulkatalog A zu jeweils 9 ECTS oder zwei Module aus dem Modulkatalog A und ein Modul aus dem Modulkatalog B zu jeweils 9 ECTS zu absolvieren.

### **Modulkatalog A**

Antriebstechnik Grundlagen (9,0 ECTS)

Human Centered Robotics (9,0 ECTS)

Leistungselektronik und Aktorik (9,0 ECTS)

Mechatronik und Robotik Projekt (9,0 ECTS)

Modellierung und Regelung Vertiefung (9,0 ECTS)

Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung (9,0 ECTS)

Optimale Systeme (9,0 ECTS)

Precision Engineering (9,0 ECTS)

Robot Vision (9,0 ECTS)

### **Modulkatalog B**

Bauelemente und Systeme – Vertiefung (9,0 ECTS)

Bioprozesstechnologie (9,0 ECTS)

Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation (9,0 ECTS)

Sensornetzwerke und sicherheitskritische Systeme (9,0 ECTS)

Signal Processing (9,0 ECTS)

Smart Grids aus Netzperspektive (9,0 ECTS)

## **Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften (18,0 ECTS)**

Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften (18,0 ECTS)

## **Freie Wahlfächer und Transferable Skills (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 *Automatisierung und Robotische Systeme* in Kürze. Eine ausführliche Beschreibung ist in Anhang A zu finden.

**Antriebstechnik Grundlagen (9,0 ECTS)** Das Modul *Antriebstechnik Grundlagen* behandelt grundlegende Eigenschaften elektrischer Maschinen, die in robotischen Systemen und in der Automatisierungstechnik zum Einsatz kommen. Es werden die wesentlichen Eigenschaften von Drehstrommaschinen, speziell von Asynchron-, Reluktanz- und permanentmagneterregten Synchronmaschinen unter Berücksichtigung von Stromrichterbetrieb behandelt, ebenso werden Transformatoren als wesentliche Komponenten in Stromversorgungssystemen und Stromrichterschaltungen vorgestellt. Das Betriebsverhalten dieser Maschinen wird auf Basis von Differenzialgleichungen beschrieben und in praktischen Rechen- und Laborübungen geübt.

**Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften (18,0 ECTS)** Im Rahmen des Moduls *Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften* vertiefen sich die Studierenden in einem der Fachgebiete des Masterstudiums Automatisierung und robotische Systeme, insbesondere im Gebiet der Automatisierung, Modellierung, Optimierung, Systemanalyse, Steuerung und Regelung, Präzisions- und Prozessmesstechnik, Mechatronik, Industrierobotik, autonomen Robotik, Mensch-Roboter Interaktion, Sensor- und Aktorsysteme, Bildverarbeitung, Mensch-Maschine Schnittstellen und Prozessleitsysteme. Die Lehrveranstaltungen des Moduls müssen aus dem im Modul angegebenen Katalog von Lehrveranstaltungen bzw. mit Lehrveranstaltungen von nicht belegten Vertiefungsmodulen (Modulkatalog A und B) ausgewählt werden.

**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.

**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.



**Bioprozesstechnologie (9,0 ECTS)** Das Modul *Bioprozesstechnologie* behandelt Grundlagen der Bioverfahrenstechnik sowie wesentliche Konzepte zur Entwicklung von biotechnologischen Prozessen mittels multivariater Versuchsplanung, Erfassung des Prozessverständnisses in kinetischen und metabolischen Modellen, sowie Messverfahren rund um den Bioreaktor.

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

**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.

**Leistungselektronik und Aktorik (9,0 ECTS)** Das Modul *Leistungselektronik und Aktorik* behandelt wesentliche Konzepte der Analyse, des Entwurfes und Implementierung von leistungselektronischen Energiekonvertern und Stromrichtern einschließlich analytischer Methoden zur Berechnung, Simulation wie auch der Behandlung der erforderlichen aktiven und passiven Bauteile. Ebenso umfasst das Modul auch die Behandlung elektromechanischer Aktor-Systeme wie etwa umrichter gespeiste, hochdynamisch geregelte Permanentmagnet-erregte Synchronmaschinen in ihren Grundlagen sowie in praktischen Anwendungsbeispielen.

**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 die damit verbundenen Fragen der Forschung und Entwicklung. Es erfolgt eine Einführung in das maschinelle Lernen für Robotersysteme.

**Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation (9,0 ECTS)** Das Modul *Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation* behandelt mathematische Modellbildung und numerische Methoden. Der Inhalt umfasst eine grundlegende Einführung in die numerische Mathematik, darauf aufbauend eine Einführung in die numerischen Konzepte für gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen, sowie Differential-Algebraische Gleichungen. Abschließend wird das Thema der Datenmodellierung behandelt und dieses in Relation zu den vorhergehenden Methoden gesetzt. Die Themengebiete werden sowohl theoretisch behandelt, als auch praktisch, an konkreten Problemstellungen, zum Einsatz gebracht.

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

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

**Modellierung und Regelung Vertiefung (9,0 ECTS)** Das Modul *Modellierung und Regelung Vertiefung* behandelt fortgeschrittene Konzepte der mathematischen Modellierung, Analyse, Simulation, Regelung und des Beobachterentwurfes komplexer dynamischer Systeme unterschiedlicher physikalischer Domänen mit finit- und infinit-dimensionalem Zustand.

**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 Beobachterentwurfes 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.

**Precision Engineering (9,0 ECTS)** Im Modul *Precision Engineering* werden Methoden der Präzisionstechnologie, insbesondere zur Instrumentierung für die Nanotechnologie und optischen Messtechnik, vertiefend vorgetragen und analysiert, sowie das Arbeiten mit Präzisionsmesssystemen im Labor geübt. Das Modul gliedert sich in je einen Vorlesungsteil mit angeschlossenem Labor zur Nanomesstechnik und zur optischen Messtechnik.

**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.

**Sensornetzwerke und sicherheitskritische Systeme (9,0 ECTS)** Ziel des Moduls *Sensornetzwerke und sicherheitskritische Systeme* ist es, die Grundlagen zu industrieller Kommunikationstechnik, Safety und vernetzten Systemen in der Automatisierung zu vertiefen und Studierende in die industrielle Praxis sicherheitskritischer Systeme sowie in individuellen Projekten im Bereich der Sensornetzwerke und verteilten Automation in das selbständige wissenschaftliche Arbeiten einzuführen.

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

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

## 6. Lehrveranstaltungen

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

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

## 7. Prüfungsordnung

Der positive Abschluss des Masterstudiums erfordert:

1. die positive Absolvierung der im Studienplan vorgeschriebenen Module, wobei ein Modul als positiv absolviert gilt, wenn die ihm gemäß Modulbeschreibung zuzurechnenden Lehrveranstaltungen positiv absolviert wurden,
2. die Abfassung einer positiv beurteilten Diplomarbeit und
3. die positive Absolvierung der kommissionellen Abschlussprüfung. Diese erfolgt mündlich vor einem Prüfungssenat gemäß § 13 und § 19 der *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* und dient der Präsentation und Verteidigung der Diplomarbeit und dem Nachweis der Beherrschung des wissenschaftlichen Umfeldes. Dabei ist vor allem auf Verständnis und Überblickswissen Bedacht zu nehmen. Die Anmeldevoraussetzungen zur kommissionellen Abschlussprüfung gemäß § 17 (1) der *Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien* sind erfüllt, wenn die Punkte 1 und 2 erbracht sind.

Das Abschlusszeugnis beinhaltet

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

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

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

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

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

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

## 8. Studierbarkeit und Mobilität

Studierende des Masterstudiums *Automatisierung und Robotische Systeme* sollen ihr Studium mit angemessenem Aufwand in der dafür vorgesehenen Zeit abschließen können.

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

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

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

## 9. Diplomarbeit

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

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

## 10. Akademischer Grad

Den Absolvent\_innen des Masterstudiums *Automatisierung und Robotische Systeme* 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 *Automatisierung und Robotische Systeme* gewährleistet, dass das Studium in Bezug auf die studienbezogenen Qualitätsziele der TU Wien konsistent konzipiert ist und effizient und effektiv abgewickelt sowie regelmäßig überprüft wird. Das Qualitätsmanagement des Studiums erfolgt entsprechend dem Plan-Do-Check-Act Modell nach standardisierten Prozessen und ist zielgruppenorientiert gestaltet. Die Zielgruppen des Qualitätsmanagements sind universitätsintern die Studierenden und die Lehrenden sowie extern die Gesellschaft, die Wirtschaft und die Verwaltung, einschließlich des Arbeitsmarktes für die Studienabgänger\_innen.

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

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

## 12. Inkrafttreten

Dieser Studienplan tritt mit 1. Oktober 2022 in Kraft.

## **13. Übergangsbestimmungen**

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

## A. Modulbeschreibungen

Die den Modulen zugeordneten Lehrveranstaltungen werden in folgender Form angeführt:

9,9/9,9 XX Titel der Lehrveranstaltung

Dabei bezeichnet die erste Zahl den Umfang der Lehrveranstaltung in ECTS-Punkten und die zweite ihren Umfang in Semesterstunden. ECTS-Punkte sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden, wobei ein Studienjahr 60 ECTS-Punkte umfasst und ein ECTS-Punkt 25 Stunden zu je 60 Minuten entspricht. Eine Semesterstunde entspricht so vielen Unterrichtseinheiten wie das Semester Unterrichtswochen umfasst. Eine Unterrichtseinheit dauert 45 Minuten. Der Typ der Lehrveranstaltung (XX) ist in Anhang *Lehrveranstaltungstypen* auf Seite 53 im Detail erläutert.

### Antriebstechnik Grundlagen

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

#### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls können Studierende elektrische Antriebe für robotische und automatisierungstechnische Anforderungen grob auslegen und geeignete elektrische Maschinen aufgrund der konkreten Anforderungen auswählen und deren Betriebsverhalten auf Basis von Differenzialgleichungen hochdynamisch beschreiben. Weiters sind die Studierenden in der Lage, die Interaktionen zwischen Stromrichter und elektrischer Maschine im Hinblick auf Reflexionsphänomene, Verlustmechanismen, Isolationsbeanspruchungen, Lagerströmen etc. zu verstehen und geeignete Maßnahmen beim Entwurf von Antriebssystemen zu ergreifen. Weiters sollen die Studierenden hochdynamische Regelkonzepte für die unterschiedlichen Maschinentypen in der Anwendung in Robotik- und Automatisierungssystemen verstehen und diese auch in praktischen Anwendungen kennen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, die bei antriebstechnischen Systemen auftretenden Fragestellungen kompetent zu behandeln und Lösungen zu entwerfen, diese selbstständig umzusetzen und zu verifizieren sowie auch deren Auswirkung hinsichtlich sozialer und ökologischer Aspekte (z.B. Materialwahl, Ressourcen- und Energieverbrauch) abzuschätzen. Weiters haben die Studierenden nach positiver Absolvierung dieses Moduls die Fähigkeit, sich vertiefende Konzepte und Verfahren antriebstechnischer Systeme sowie deren Weiterentwicklung und Optimierung 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:**

- Aufbau und Eigenschaften von Transformatoren in der elektrischen Energieversorgung, unter anderem von Robotik- und Automatisierungssystemen. Beschreibung mit Zeit- und Raumzeigerrechnung.
- Aufbau und Eigenschaften von Asynchronmaschinen, Beschreibung im Raumzeigerkalkül mit Differenzialgleichungen, Stabilität von Asynchronmaschinen mit Wurzelortskurven, Betriebsstrategien für den Grunddrehzahl- und den Feldschwächbereich, Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine.
- Aufbau und Betriebsverhalten der Synchron-Reluktanzmaschine. Hochdynamische Beschreibung mit Raumzeiger- und Zweiachsentheorie. Rotororientiertes hochdynamisches Regelkonzept. Strategien zur optimalen Stromraumzeigerbestimmung in Abhängigkeit von Drehzahl und Belastung.
- Aufbau und Eigenschaften der achsigen Permanentmagnet-Synchronmaschine. Hochdynamische Beschreibung mit Differenzialgleichungen. Rotororientierte Regelung unter Berücksichtigung des Reluktanzterms zwecks optimaler Drehmomentausbeute.
- Unterstützung des theoretischen Stoffes durch Rechenbeispiele
- Anwendung des Stoffes auf praktische Laboraufbauten für Transformator, Gleichstrommaschine, Asynchronmaschine, Permanentmagnet-Synchronmaschine einschließlich Betrieb am Umrichter.
- Durchführung von Messungen an Antrieben und deren Auswertung und Diskussion in Kleingruppen.

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlagen der Ingenieurmathematik und der Elektrotechnik, einschließlich der elektrischen Maschinen und Antriebstechnik sowie 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 der Elektrotechnik, speziell der Differenzialgleichungen und der komplexen Zahlen, angewendet auf Zeit- und Raumzeigerrechnung, Fourier- und Laplace-Transformationen gemäß einem gängigen Bachelorstudium der Ingenieurwissenschaften.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Positive Absolvierung der VU Maschinen und Antriebe oder der VU Elektrische Antriebe als Vorbedingung für die UE Labor Elektrische Antriebe für Robotik und Automatisierung

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag mit Folien und Tafelunterstützung und Diskussion sowie Rechenübungen von Anwendungsbeispielen und fallweisen (sofern technisch möglich) Live-Demonstrationen im Hörsaal. Zusätzlich Laborübungen 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 Elektrische Antriebe erfolgt schriftlich und mündlich, jene der UE Labor Elektrische Antriebe für Robotik und Automatisierung setzt sich aus der schriftlichen Überprüfung des Rechenübungsteils sowie der Mitarbeits- und Protokollbeurteilung des Laborübungsteils zusammen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Elektrische Antriebe

6,0/4,0 UE Labor Elektrische Antriebe für Robotik und Automatisierung

## **Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften**

**Regelarbeitsaufwand:** 18,0 ECTS

**Lernergebnisse:** Im Rahmen des Moduls *Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften* vertiefen sich die Studierenden in einem der Fachgebiete des Masterstudiums Automatisierung und robotische Systeme, insbesondere im Gebiet der Automatisierung, Modellierung, Optimierung, Systemanalyse, Steuerung und Regelung, Präzisions- und Prozessmesstechnik, Mechatronik, Industrierobotik, autonomen Robotik, Mensch-Roboter Interaktion, Sensor- und Aktorsysteme, Bildverarbeitung, Mensch-Maschine Schnittstellen und Prozessleitsysteme.

**Inhalt:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

**Erwartete Vorkenntnisse:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls können aus der Liste der Lehrveranstaltungen in den nicht gewählten Vertiefungsmodulen aus dem Modulkatalog A und dem Modulkatalog B sowie aus der folgenden Liste von Lehrveranstaltungen im Umfang von 18 ECTS ausgewählt werden.

3,0/2,0 VU Applied Deep Learning

3,0/2,0 VU Theoretical Foundations and Research Topics in Machine Learning

3,0/2,0 VO Systemarchitekturen in der Automatisierungstechnik

3,0/2,0 VU Security, Privacy and Explainability in Machine Learning

3,0/2,0 VO Statistical Pattern Recognition

2,0/2,0 VO Virtual and Augmented Reality  
3,0/2,0 VU 3D Vision  
3,0/2,0 UE 3D Vision  
3,0/2,0 VU Human Robot Interaction  
3,0/2,0 VO Biomedical Sensors and Signals  
3,0/2,0 VU Biomedizinische Technik  
4,5/3,0 VU Embedded Systems in FPGA  
3,0/2,0 VU Network Security  
3,0/2,0 VU Introduction to Security  
3,0/2,0 UE Introduction to Security  
3,0/2,0 VO Montage I: Grundlagen  
3,0/2,0 SE Montage II: Advanced Manufacturing  
3,0/2,0 VO Quantenelektronik  
3,0/2,0 LU Rechenmethoden der Quantenelektronik  
3,0/2,0 VO Kraftwerke  
3,0/2,0 VU Regenerative Energiesysteme  
3,0/2,0 VO Energieübertragung und -verteilung

## **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 dem 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 Industrielle Kommunikationstechnik erfolgt schriftlich. Die Leistungsbeurteilung der VU Responsible Research Practice erfolgt prüfungsimmanent über eine Abgabe.

**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

## **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 Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien wird in diesem Modul implizit vorausgesetzt.

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Sensorik

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

## Bioprozesstechnologie

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse der Bioverfahrenstechnik als Grundlage. Kenntnis und Beherrschung der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zur Konzipierung von Strategien für die Prozessentwicklung und zur Bearbeitung von ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen. Kenntnisse der multivariaten Versuchsplanung und der grundlegenden Werkzeuge für die Entwicklung von biotechnologischen Prozessen. Anforderungen an die Messtechnik, neue Messverfahren und Extraktion der Messdaten in Wissen durch kinetische und stöchiometrische Modellierung. Kenntnisse der Grundlagen der (bio)chemischen Prozessanalytik zur zeitnahen Gewinnung von chemischer Information mittels off-line, on-line bzw. in-line fähigen Messstrategien. Fähigkeit zur Beurteilung der Qualität der ermittelten chemischen Information in Bezug auf Kalibration, Rückführbarkeit sowie Validierung der gewonnenen Messdaten.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Aufbau des Abstraktionsvermögens für die interdisziplinäre Anwendung der Disziplinen der Automatisierungstechnik auf hoch innovative Technologie. Lösungspotential für komplexe Probleme im Spannungsfeld Biotechnologie, Ingenieurwissenschaften und Automatisierungstechnik.

*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:

- Generelle Anforderungen an Messprinzipien am Bioreaktor. Überblick über Konzept und Funktionsweise von Biosensoren sowie in- und on-line fähigen optischen Techniken.
- Strategien zur selektiven Erkennung mittels Biomolekülen Arten von Transducern sowie Signalverarbeitung;
- Einzelsensoren vs. Sensorarrays. Anhand von Beispielen erfolgreicher Biosensoren werden deren Stärken sowie Schwächen in Bezug auf analytisch-chemische Leistungskriterien sowie Kosten diskutiert. Weiters sollen faseroptische on- bzw. in-line Sonden für die Bioprozessüberwachung vorgestellt und diskutiert werden. Ein

besonderer Schwerpunkt soll hier auf den zugänglichen Informationsgehalt sowie auf moderne Auswertungsstrategien gelegt werden.

- Einführung in Entwicklung von kinetischen Modellen. Grundprinzipien der Entwicklung von metabolischen Fluss Modellen, Multivariate Versuchsplanung mit Design-of-Experiment Ansätzen.
- Das Modul wird mit Übungsteilen während der Vortragszeit ergänzt.

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Theoretische Kenntnisse aus dem Schulwissen (Oberstufe AHS, BHS oder gleichwertige berufsbildende höhere Schulen) der Biologie, Physik und allgemeiner Chemie. Keine besonderen biochemischen Grundkenntnisse.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen angewandter Fragestellungen der Biologie, Physik und Chemie. (Schulwissen Oberstufe AHS, BHS oder gleichwertige berufsbildende höhere Schulen). Fähigkeit zum vernetzten Denken.

*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 Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Mündliche Prüfung mit Fallbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen.

### **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Bioverfahrenstechnik

3,0/2,0 VO Modeling and Methods in Bioprocess Development

3,0/2,0 VO Biosensoren und Bioprozessanalytik

## **Freie Wahlfächer und Transferable Skills**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

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

**Inhalt:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

**Erwartete Vorkenntnisse:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:** Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls können frei aus dem Angebot an wissenschaftlichen und künstlerischen Lehrveranstaltungen,



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

## **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 mündliche 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.

**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 LVA *Grundlagen der Robotik* aus dem Modul *Grundlagen der Robotik und Regelungstechnik* vorausgesetzt. Für die *VU Robot Learning* wird außerdem die Absolvierung der LVA *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 werden 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.

### **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Manipulation und Lokomotion

4,5/3,0 VU Robot Learning

## **Leistungselektronik und Aktorik**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls kön-

nen Studierende leistungselektronische Energieumformer und Stromrichter hinsichtlich Schaltungstopologie auswählen und in ihrer Grundfunktion modellieren, analytisch berechnen, simulieren und dimensionieren. Die Studierenden kennen die Konzepte und Prinzipien von Konvertern und Umrichtern und die Betriebseigenschaften der für deren Realisierung eingesetzten aktiven und passiven Bauelemente (Leistungstransistoren und -Dioden, Kapazitäten, Induktivitäten und Transformatoren) sowie deren Auswirkung im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Die Studierenden kennen und verstehen auch Grundprinzipien der zugehörigen Regelungskonzepte für Konverter und für Aktorik-Systeme und können diese auch in praktischen Anwendungen zum Einsatz bringen und optimieren.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, die bei leistungselektronischen bzw. aktuatorisch wirkenden Systemen auftretenden Fragestellungen der notwendigen Schaltungs- bzw. Systemtopologie zu behandeln und zu planen, geeignete Analyse- und Lösungsmethoden auszuwählen und zu beurteilen, diese selbstständig umzusetzen und zu verifizieren sowie auch deren Auswirkung hinsichtlich sozialer und ökologischer Aspekte abzuschätzen. Im Weiteren haben die Studierenden nach positiver Absolvierung dieses Moduls die Fähigkeit, sich vertiefende Konzepte und Verfahren leistungselektronischer und aktuatorisch wirkender Systeme sowie deren Weiterentwicklung und Optimierung 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:**

- Topologien und Schaltungsstrukturen für leistungselektronische Konverter (inkl. Pulsumrichter und aktive Gleichrichter) und Schaltnetzteile (Standardstrukturen bzw. resonante Konverter).
- Methoden zur Berechnung der Bauteilbelastungen bzw. der Konverterkennwerte für den stationären Betrieb. Grundprinzipien, Eigenschaften und Betriebsverhalten gängiger Halbleiterventile (Dioden, MOSFETs, IGBTs, wide-bandgap-Bauelemente). Ansteuerstufen für abschaltbare Halbleiterventile bzw. Ansteuerproblematik.
- Passive Bauteile bzw. Filter für leistungselektronische Konverter (Kondensatoren, Induktivitäten, (Hf-) Transformatoren).
- Verschaltungs- und Kühlungstechniken; Grundlagen der dynamischen Eigenschaften und der Regelung leistungselektronischer Konverter.

- Normen und Vorschriftenwesen (sicherheitsrelevant bzw. hinsichtlich EMV) für leistungselektronische Systeme mit zugehöriger Mess- und Prüftechnik. Praktischer Aufbau, Inbetriebsetzung und Test von Konvertern. Numerische Simulation mit einschlägiger Simulationssoftware.
- Grundprinzipien, Eigenschaften und Regelungskonzepte elektromechanischer Aktoren, speziell von Permanentmagnet-erregten Systemen wie etwa PM-Synchronmaschinen.
- Anwendung von leistungselektronischen Konvertern mit PM-Aktoren bzw. PM-Synchronmaschinen in praktischen Applikationen wie etwa Positionierantrieben mit Systemidentifikation, Parameterauswahl, Inbetriebsetzung, Verifizierung und Dokumentation.

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlagen der Ingenieurmathematik und der Elektrotechnik, einschließlich der Schaltungstechnik und elektrischen Antriebstechnik sowie 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 der Elektrotechnik, speziell der Schaltungs- und Antriebstechnik eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Simulationsprogrammen der Schaltungstechnik und Matlab/Simulink sind wünschenswert.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Positive Absolvierung der VU Maschinen und Antriebe (Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik, TU Wien) als Vorbedingung für die LU Hochdynamisch betriebene PM-Synchronmaschinen

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag mit Folien und Tafelunterstützung und Diskussion sowie Rechenübungen von Anwendungsbeispielen und fallweisen (sofern technisch möglich) Live-Demonstration im Hörsaal. Zusätzlich Laborübungen 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 Leistungselektronik und Stromrichtertechnik erfolgt schriftlich und mündlich, der VU Leistungselektronik und EMV Vertiefung erfolgt schriftlich, die Leistungsbeurteilung der LU Hochdynamisch betriebene PM-Synchronmaschinen setzt sich aus der Überprüfung der vorbereiteten Aufgaben, der Mitarbeit während der Praktikumsübungen, sowie dem Ergebnis von möglichen mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen und Protokollen zusammen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

- 3,0/2,0 VU Leistungselektronik und Stromrichtertechnik
- 3,0/2,0 VU Leistungselektronik und EMV Vertiefung
- 3,0/2,0 LU Hochdynamisch betriebene PM-Synchronmaschinen

**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 LVA Machine Vision erfolgt prüfungsimmanent im Übungsteil und einer abschließenden mündlichen Prüfung. Die Leistungsbeurteilung der VU Machine Learning erfolgt in Form einer schriftlichen und/oder mündlichen Abschlussprüfung.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Machine Learning

4,5/3,0 VU Machine Vision

**Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls können Studierende die numerischen Methoden und Verfahren reproduzieren und analysieren, sowie die Algorithmen strukturell demonstrieren. Darüber hinaus sind Studierende in der Lage die vorgestellten Methoden der numerischen Mathematik und Simulationstechnik in anwendungsbezogenen Beispielen zum Einsatz zu bringen und selbstständig



weiter zu vertiefen. Abschließend sind Studierende in der Lage die Konzepte und Methoden zueinander in Beziehung zu setzen und Gemeinsamkeiten und Unterschiede herauszuarbeiten.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage mathematische Modelle zum Zwecke der Simulation zu implementieren. Dabei sind Studierende selbstständig im Stande die richtigen Methoden und Konzepte für die entsprechende Problemstellung auszuwählen und zu entscheiden, welche Möglichkeiten es gibt, um die Qualität und Performance der Simulation zu beeinflussen. Des Weiteren haben die Studierenden nach positiver Absolvierung dieses Moduls die Fähigkeit, sich weiterführende Konzepte und Verfahren der mathematischen Methoden der Modellbildung und Simulation 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) ihre Lösungen kompakt und informativ anderen interessierten Personen zu vermitteln und zu präsentieren; (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:**

- Kalibrierung von Modellen
- Numerische Lösung linearer Gleichungssysteme
- Lineares Ausgleichsproblem
- Numerische Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme
- Numerisches Differenzieren
- Numerische Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen
- Hybride Modellierung
- Differential-Algebraische Modelle
- Partielle Differentialgleichungen
- Numerische Methoden in der Datenmodellierung

#### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Programmieren 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 und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik und Programmierung eines gängigen Bachelor-Studiums

der Ingenieurwissenschaften. Grundlegende Erfahrungen mit Matlab/Simulink werden vorausgesetzt.

*Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:* Selbstorganisation, Präsentation der eigenen Arbeit, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag und Diskussion über die Konzepte und Methoden der oben genannten Inhalte mit Folien- und Tafelunterstützung sowie praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse anhand von konkreten Übungen mit Hilfe der Simulationsumgebung Matlab/Simulink. Die Leistungsbeurteilung der Übungen basiert auf einem prüfungsimmanenten Konzept, Studierende arbeiten an konkreten Aufgabenstellungen, lösen diese in MATLAB/Simulink und präsentieren die Lösungen vor den anderen Studierenden und den Lehrenden und diskutieren diese. Die Qualität der Programme wird durch eine bekannte Score Funktion beurteilt und nach Abgabe durch die Lehrenden bewertet. Die Leistungsbeurteilung der Vorlesung basiert auf einer mündlichen Prüfung.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

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

## **Mechatronik und Robotik Projekt**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können Studierende wissenschaftliche Fragestellungen selbständig in einem Kleinprojekt, je nach Aufgabenstellung, als Versuchsaufbau im Labor oder mit entsprechenden Softwaretools als Simulation umsetzen. Sie können für die Aufgabenstellung eine Auswahl der optimalen Systemkomponenten, Funktionsprinzipien und Simulationswerkzeuge erarbeiten. Sie können den Versuchsaufbau realisieren, analysieren und im Vergleich zum Stand der Technik bewerten, sowie die gemessenen experimentellen Daten bzw. Simulationen

analysieren und entsprechend interpretieren. Studierende können eine Projektplanung, Literaturrecherche und Projektdokumentation selbstständig durchführen die erlernten Methoden auf andere Aufgabenstellungen selbstständig anwenden. Sie können die Projektergebnisse präsentieren und schriftlich in einem Bericht dokumentieren.

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

### **Inhalt:**

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

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Die Studierenden erhalten Zugang zu Laboreinrichtungen bzw. eine Studienumgebung, um kurze Forschungsarbeiten zu einem bestimmten Thema durchzuführen, einschließlich

der Literaturrecherche, Simulationsstudie, Versuchsplanung und Validierung unter der Anleitung des/der Betreuer\_in. Der Fortschritt des individuellen Projekts wird den Betreuer\_innen und anderen Studierenden in Vorträgen präsentiert und die Ergebnisse des Projektes in einem wissenschaftlichen Abschlussbericht zusammengefasst. Zu Beginn erfolgt eine Einführung in das Projektmanagement für wissenschaftliche Forschungstätigkeiten und Hilfestellungen zur guten Praxis wissenschaftlichen Schreibens.

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

#### **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

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

*Es muss eine der beiden LVAs gewählt werden.*

## **Mechatronische Systeme**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

#### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage Grundlagen mechatronischer Systeme und die physikalischen Funktionsprinzipien von mechatronischen Komponenten und Teilsystemen sowie Grundprinzipien der Systemintegration zu erklären. Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung eines Systemverständnisses und des Zusammenwirkens unterschiedlicher Systemkomponenten und Teilsysteme. In der Vorlesung wird ein gesamtheitlicher Ansatz und das dazugehörige Systemdenken vermittelt, um bestehende mechatronische Systeme technisch zu analysieren und zu evaluieren, sowie Grundlagen des Systemdesigns und der Auswahl der optimalen Komponenten und Funktionsprinzipien zu erarbeiten. Im Rahmen der Laborübung werden die theoretischen Grundlagen aus der Vorlesung an praktischen Beispielsystemen angewendet. Es wird der Aufbau einfacher mechatronischer Systeme durchgeführt, das dynamische Systemverhalten analysiert und in weiterer Folge gezielt beeinflusst.

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

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

### **Inhalt:**

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

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

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

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Empfohlen werden die Beherrschung und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik, Antriebe, Elektronik und Messtechnik eines gängigen

Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Matlab/Simulink sind wünschenswert. Gute Beherrschung der englischen Sprache wird vorausgesetzt, da die Unterlagen in Englisch verfasst sind und die Vorlesung in englischer Sprache gehalten wird.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 VU Mechatronische Systeme

3,0/2,0 LU Labor Mechatronische Systeme

## **Modellierung und Regelung Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach Absolvierung dieses Moduls haben die Studierenden ein tiefgehendes Verständnis der Theorie sowie der zugehörigen Methoden zur fortgeschrittenen mathematischen Modellierung und Regelung komplexer dynamischer Systeme. Im Weiteren können die Studierenden diese Methoden auf konkrete Problemstellungen konzentriert- und verteilt-parametrischer Systeme anwenden.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden können für komplexe dynamische Systeme selbstständig abstrahierte mathematische Modelle erstellen, die die grundlegenden dynamischen Eigenschaften abbilden und die wesentlichen Nichtlinearitäten erfassen. Diese mathematischen Modelle bilden die Grundlage für die Systemanalyse, die Identifikation, den Regelungs- und Beobachterentwurf sowie die Systemoptimierung. Basierend auf der mathematischen Beschreibung komplexer Regelstrecken haben die Studierenden die Fähigkeit erworben, Beschränkungen der Stell- und Zustandsgrößen systematisch zu berücksichtigen und echtzeitfähige Regelungen für dynamische Systeme mit finitem und infinitem Zustand inklusive geeigneter Adaptions- und Lernmechanismen zu formulieren, geeignete Lösungsmethoden auszuwählen und zu beurteilen und diese selbstständig umzusetzen 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 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:** Ausgewählte Themen der mathematischen Modellierung komplexer dynamischer Systeme unterschiedlicher physikalischer Domänen (pneumatische, hydraulische Antriebssysteme, thermodynamische Prozesse, Temperaturregelstrecken mit Wärmestrahlung, elektromagnetische Antriebe, gekoppelte mechanische Strukturen, Netzwerke, etc). Ausgewählte Themen der linearen und nichtlinearen Regelung, von Lern- und Adaptionsverfahren und des Beobachterentwurfes für finit- und infinit-dimensionale Systeme sowie geeignete Algorithmen und Methoden der Echtzeitoptimierung. Anwendung der vorgestellten Methoden auf konkrete praktische Fragestellungen unter Zuhilfenahme moderner Softwarewerkzeuge.

**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. Im Weiteren wird für die VU Fortgeschrittene Methoden der nichtlinearen Regelung der parallele Besuch der VU Optimierung aus dem Modul Optimale Systeme sowie die Kenntnisse der VO Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung aus dem Modul Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung empfohlen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Beherrschung der und Umgang mit grundlegenden Methoden der Modellierung und Regelung sowie der höheren Mathematik aus dem Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik. Im Weiteren wird die grundlegende Kenntnis des Umgangs mit einschlägiger Standardsoftware wie Matlab/Simulink und Computeralgebra empfohlen.

*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 der oben genannten Inhalte mit Folien- und Tafelunterstützung sowie praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse anhand von konkreten Aufgabenstellungen u.a. mit Hilfe moderner Softwarewerkzeuge der Ingenieurwissenschaften (z.B. Matlab/Simulink, Computeralgebra). Die Leistungsbeurteilung

lung setzt sich aus der Beurteilung von ausgearbeiteten Aufgaben und/oder Vorträgen sowie dem Ergebnis von mündlichen Prüfungen zusammen.

#### **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Fortgeschrittene Methoden der Modellbildung

4,5/3,0 VU Fortgeschrittene Methoden der nichtlinearen Regelung

4,5/3,0 VU Regelung verteilt-parametrischer Systeme

*Es sind zwei der drei Lehrveranstaltungen verpflichtend zu absolvieren.*

## **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.

### **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
- Iterativ lernende Regelung
- 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.

**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.*

**Precision Engineering**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage die relevanten physikalischen Prinzipien für Messungen auf der Nanometer-Skala zu erläutern. Sie können die Funktionsweise eines Rasterkraftmikroskops und dessen Komponenten erklären und die wichtigsten Methoden der Rastersondenmikroskopie einander gegenüberstellen, sowie die geeignetste Methode für eine konkrete Messaufgabe auswählen. Sie können ein Rasterkraft-Mikroskop im Labor bedienen, Proben präparieren und deren Oberfläche mittels Rasterkraft-Mikroskopie analysieren.

Sie sind in der Lage optische Messsysteme für eine physikalische Zielgröße zu kategorisieren und ein geeignetes System basierend auf den Anforderungen der Zielanwendung auszuwählen. Sie können physikalische Größen, die mit Hilfe von Optiken gemessen werden, unterscheiden und die Struktur und das Funktionsprinzip der optischen Grundkomponenten erklären. Basierend auf der Physik und den Grundkomponenten der optischen Messtechnik sind die Studierenden in der Lage, ein komplettes optisches Messsystem wie Laser-Doppler-Vibrometer, Speckle-Interferometrie oder LiDAR zu entwerfen, die Vor- und Nachteile der einzelnen optischen Messsysteme zu erklären und die Wahl des Werkzeugs in verschiedenen Anwendungsbeispielen zu begründen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können Studierende die erlernten Konzepte und Methoden auf praktische Aufgabenstellungen, insbesondere im Bereich der Nanomesstechnik, Rasterkraftmikroskopie und optischen Messtechnik anwenden. Sie können für eine gegebene Aufgabenstellung ein geeignetes Messprinzip auswählen und die Messung oder Charakterisierung der Probe durchführen, sowie die Messdaten entsprechend auswerten und interpretieren (Analyse). Sie können einfache optische Versuchsaufbauten selbständig erstellen, testen und in Betrieb nehmen (Analyse, Synthese und Evaluation). Darüber hinaus haben Studierende die Fähigkeit, weiterführende Konzepte und Methoden sowie neue Entwicklungen zu optischen Messsystemen und Rastersondenmikroskopieverfahren zu bewerten und sich diese eigenständig anzueignen.

*Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: (1) alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachgebiet der Instrumentierung und Messtechnik 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 Instrumentierung und Messtechnik für die Nanotechnologie und optische Messtechnik 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 physikalische Prinzipien auf der Nanometer-Skala
- Kräfte, Limitierungen, Skalierungseffekte
- hochauflösende Abbildungssysteme, Elektronenmikroskopie (SEM, TEM)
- Rastersondenmikroskopie (STM, AFM) und verwandte Methoden (MFM, KFM)
- Kraftmessungen, Einzelmolekülspektroskopie
- Dynamik eines AFMs und Hochgeschwindigkeits-AFM
- nanomechanische Charakterisierung, Nano-Indentation, Nano-Lithographie
- Partikelmanipulation, Nano-Robotik
- Wissenschaftliche Instrumentierung, physikalische Sensor- und Aktuationsprinzipien

- Bildverarbeitung
- optische Strahlung, Strahlungsquellen, elektromagnetische Wellen
- Detektoren
- Laser
- Interferometer
- Speckle-Messtechnik, Holographie
- optische Strömungsmessung, Temperaturmessung
- LiDAR
- Wellenfrontmessung
- Anwendung sämtlicher Methoden an konkreten Laborversuchen im AFM-Labor und an optischen Versuchsaufbauten

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Regelungstechnik, Elektrodynamik, Optik und Messtechnik 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, Regelungstechnik, Elektrodynamik, Optik und Messtechnik eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Matlab/Simulink sind wünschenswert. Gute Beherrschung der englischen Sprache, da die Unterlagen der VU Nanometrology in Englisch verfasst sind und die Vorlesung in englischer Sprache gehalten wird.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag und Diskussion über die methodischen Grundlagen der oben genannten Inhalte mit Folien- und Tafelunterstützung sowie praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse anhand von konkreten Laborversuchen und wissenschaftlichen Geräten. Die Leistungsbeurteilung der VU Nanometrology und der VU Optische Messtechnik erfolgt prüfungsimmanent aufgrund der Vorbereitung und Mitarbeit während der Praktikumsübungen und aufgrund einer mündlichen oder schriftlichen Abschlussprüfung des Vorlesungsteils.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Nanometrology

4,5/3,0 VU Optische Messtechnik

## 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 LVA Machine Vision aus dem Modul Machine Learning und Autonome Systeme vorausgesetzt.

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

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

## **Sensornetzwerke und sicherheitskritische Systeme**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage, Anforderungen an sicherheitskritische Systeme in der Praxis zu beschreiben sowie Methoden zur Bewertung und zum Softwareentwurf sicherheitskritischer Systeme zu verstehen. Anhand von Fallbeispielen können sie die Grundbegriffe anwenden und verstehen das Zusammenwirken komplexer Fehlermechanismen. Weiterhin sind sie 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 Projekts können die Studierenden einen Bericht nach wissenschaftlichen Grundsätzen verfassen, und sie eignen sich vertiefende Kenntnisse im Bereich des gewählten Forschungsthemas an.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, grundlegendes Wissen zum Entwurf sicherheitskritischer Systeme anzuwenden und Zusammenhänge bei der Planung und Entwicklung sowie dem praktischen Einsatz komplexer Systeme zu verstehen. Ferner können sie die Planung, Literaturrecherche und Dokumentation eines begrenzten Projekts nach wissenschaftlich-methodischen Prinzipien selbständig durchführen. Sie können auf der Basis einer Aufgabenstellung geeignete Software-Werkzeuge auswählen, Lösungsmöglichkeiten erarbeiten und umsetzen, die Ergebnisse interpretieren und im Vergleich mit dem Stand der Technik bewerten sowie ihre Arbeit präsentieren und diskutieren.

*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 sicherheitskritischer Systeme
- Softwareentwurf für sicherheitskritische Systeme
- Systemintegration
- Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung aus den Fachgebieten Sensornetze, industrielle Automation, Gebäudeautomation, Smart Grids
- Projektplanung
- Literaturrecherche
- Umsetzung und Verifikation
- Projektdokumentation
- Projektpräsentation

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Elektronik, Informationstechnik, Netzwerke 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, Elektronik, Informationstechnik, Netzwerke und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Simulations- und Programmierertools wie Matlab oder Python und Embedded Systems 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 mit Experten aus der Praxis über die methodischen Grundlagen mit Folien- und Tafelunterstützung sowie anhand von Fallbeispielen, gemeinsame Erarbeitung von Beispielen. 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 dem/der Betreuer\_in und anderen Studierenden diskutiert und präsentiert, die Resultate in einem Bericht nach wissenschaftlichen Grundsätzen und den Erfordernissen der Themenstellung zusammengefasst. Die Leistungsbeurteilung der VO Next Generation Air Traffic Management - Sicherheitskritische Systeme am Beispiel der Flugsicherung erfolgt schriftlich, die Leistungsbeurteilung des PR Sensornetzwerke erfolgt prüfungsimmanent auf Basis der Projektdurchführung, der Gespräche mit dem/der Betreuer\_in sowie des Projektberichts.

#### **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 PR Sensornetzwerke

3,0/2,0 VO Next Generation Air Traffic Management Systems-Sicherheitskritische Systeme am Beispiel der Flugsicherung

## **Signal Processing**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

#### **Lernergebnisse:**

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

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

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

#### **Inhalt:**

##### **Signal Processing 1:**

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

5. Kronecker-Produkt, DFT, FFT, Hadamard-Transformation.

### **Signal Processing 2:**

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

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

#### **Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

## **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Signal Processing 1

4,5/3,0 VU Signal Processing 2

## **Smart Grids aus Netzperspektive**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

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

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

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

**Inhalt:** Smart Grid aus Sicht des Netzes; Blindleistung Abhängigkeiten innerhalb der Smart Grids; Einführung in SCADA, EMS und DMS; Steuerung, Primär- und Sekundärregelung in Energieversorgungsnetze; Grid Codes; Integration verteilter Erzeugung und Speicherung; Unterschiede zwischen europäischen und nordamerikanischen Energieversorgungsnetzen; Fraktalen Prinzipien in Smart Grids; Zentrale und dezentrale Smart-Grid-Architekturen; Ganzheitlicher Ansatz von Energiesystemen; Smart Grids

Design nach fraktalen Prinzipien; Unterschiedliche Betriebsprozesse, wie z.B. Volt/var-Management und Steuerung/Regelung, Load Generation Balance, Demand Response usw; Integration der Energiesysteme; Energiegemeinschaften; Bekannte Konzepte für intelligente Netze wie Virtual Power Plants, Microgrids, und so weiter.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Gängiges Bachelor-Studium der Ingenieurwissenschaften.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

4,5/3,0 SE Seminar Smart Grids

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

## B. Lehrveranstaltungstypen

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

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

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

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

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

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

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

## C. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

<b>1. Semester (WS)</b>	<b>30 ECTS</b>
VU Industrielle Automation	3,0 ECTS
VU Grundlagen der Robotik	4,5 ECTS
VO Regelungssysteme	3,0 ECTS
VU Mechatronische Systeme	6,0 ECTS
VU Machine Vision	4,5 ECTS
Lehrveranstaltungen aus den gewählten Vertiefungsmodulen	6,0 ECTS
Freiwahlfächer und Transferable Skill	3,0 ECTS
<b>2. Semester (SS)</b>	<b>30 ECTS</b>
VU Responsible Research Practice	3,0 ECTS
VU Machine Learning	4,5 ECTS
LU Labor Mechatronische Systeme	3,0 ECTS
VU Industrielle Kommunikationstechnik	3,0 ECTS
Lehrveranstaltungen aus den gewählten Vertiefungsmodulen	9,0 ECTS
Lehrveranstaltungen aus Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften	4,5 ECTS
Freiwahlfächer und Transferable Skill	3,0 ECTS
<b>3. Semester (WS)</b>	<b>30 ECTS</b>
LU Regelungssysteme	1,5 ECTS
Lehrveranstaltungen aus den gewählten Vertiefungsmodulen	12,0 ECTS
Lehrveranstaltungen aus Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften	13,5 ECTS
Freiwahlfächer und Transferable Skill	3,0 ECTS
<b>4. Semester (SS)</b>	<b>30 ECTS</b>
Diplomarbeit	27,0 ECTS
Kommissionelle Abschlussprüfung	3,0 ECTS

## D. Semesterempfehlung für schiefeinsteigende Studierende

<b>1. Semester (SS)</b>	<b>30 ECTS</b>
VU Responsible Research Practice	3,0 ECTS
VU Machine Learning	4,5 ECTS
VU Industrielle Kommunikationstechnik	3,0 ECTS
Lehrveranstaltungen aus den gewählten Vertiefungsmodulen	9,0 ECTS
Lehrveranstaltungen aus Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften	4,5 ECTS
Freiwahlfächer und Transferable Skill	6,0 ECTS
<b>2. Semester (WS)</b>	<b>30 ECTS</b>
VU Industrielle Automation	3,0 ECTS
VU Grundlagen der Robotik	4,5 ECTS
VO Regelungssysteme	3,0 ECTS
LU Regelungssysteme	1,5 ECTS
VU Mechatronische Systeme	6,0 ECTS
VU Machine Vision	4,5 ECTS
Lehrveranstaltungen aus den gewählten Vertiefungsmodulen	6,0 ECTS
Freiwahlfächer und Transferable Skill	1,5 ECTS
<b>3. Semester (SS)</b>	<b>30 ECTS</b>
LU Labor Mechatronische Systeme	3,0 ECTS
Lehrveranstaltungen aus den gewählten Vertiefungsmodulen	12,0 ECTS
Lehrveranstaltungen aus Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften	13,5 ECTS
Freiwahlfächer und Transferable Skill	1,5 ECTS
<b>4. Semester (WS)</b>	<b>30 ECTS</b>
Diplomarbeit	27,0 ECTS
Kommissionelle Abschlussprüfung	3,0 ECTS

## **E. Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen**

### **Prüfungsfach „Automation und Mechatronik“ (18,0 ECTS)**

#### **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 „Mechatronische Systeme“ (9,0 ECTS)**

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

### **Prüfungsfach „Robotik und autonome Systeme“ (18,0 ECTS)**

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

- 4,5/3,0 VU Machine Learning
- 4,5/3,0 VU Machine Vision

### **Prüfungsfach „Vertiefung Automatisierung und robotische Systeme“ (27,0 ECTS)**

#### **Modul „Antriebstechnik Grundlagen“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VU Elektrische Antriebe
- 6,0/4,0 UE Labor Elektrische Antriebe für Robotik und Automatisierung

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

- 4,5/3,0 VU Manipulation und Lokomotion
- 4,5/3,0 VU Robot Learning

#### **Modul „Leistungselektronik und Aktorik“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VU Leistungselektronik und Stromrichtertechnik
- 3,0/2,0 VU Leistungselektronik und EMV Vertiefung
- 3,0/2,0 LU Hochdynamisch betriebene PM-Synchronmaschinen

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

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



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

**Modul „Modellierung und Regelung Vertiefung“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Fortgeschrittene Methoden der Modellbildung

4,5/3,0 VU Fortgeschrittene Methoden der nichtlinearen Regelung

4,5/3,0 VU Regelung verteilt-parametrischer Systeme

**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 „Precision Engineering“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Nanometrology

4,5/3,0 VU Optische Messtechnik

**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 „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 „Bioprozesstechnologie“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Bioverfahrenstechnik

3,0/2,0 VO Modeling and Methods in Bioprocess Development

3,0/2,0 VO Biosensoren und Bioprozessanalytik

**Modul „Mathematische Methoden der Modellbildung und Simulation“ (9,0 ECTS)**

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

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

**Modul „Sensornetzwerke und sicherheitskritische Systeme“ (9,0 ECTS)**

6,0/4,0 PR Sensornetzwerke

3,0/2,0 VO Next Generation Air Traffic Management Systems-Sicherheitskritische Systeme am Beispiel der Flugsicherung

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

4,5/3,0 VU Signal Processing 1

4,5/3,0 VU Signal Processing 2

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

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

4,5/3,0 SE Seminar Smart Grids

### **Prüfungsfach „Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften“ (18,0 ECTS)**

#### **Modul „Ausgewählte Themen aus den System- und Ingenieurwissenschaften“ (18,0 ECTS)**

3,0/2,0 VU Applied Deep Learning

3,0/2,0 VU Theoretical Foundations and Research Topics in Machine Learning

3,0/2,0 VO Systemarchitekturen in der Automatisierungstechnik

3,0/2,0 VU Security, Privacy and Explainability in Machine Learning

3,0/2,0 VO Statistical Pattern Recognition

2,0/2,0 VO Virtual and Augmented Reality

3,0/2,0 VU 3D Vision

3,0/2,0 UE 3D Vision

3,0/2,0 VU Human Robot Interaction

3,0/2,0 VO Biomedical Sensors and Signals

3,0/2,0 VU Biomedizinische Technik

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

3,0/2,0 VU Network Security

3,0/2,0 VU Introduction to Security

3,0/2,0 UE Introduction to Security

3,0/2,0 VO Montage I: Grundlagen

3,0/2,0 SE Montage II: Advanced Manufacturing

3,0/2,0 VO Quantenelektronik

3,0/2,0 LU Rechenmethoden der Quantenelektronik

3,0/2,0 VO Kraftwerke

3,0/2,0 VU Regenerative Energiesysteme

3,0/2,0 VO Energieübertragung und -verteilung

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

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

### **Prüfungsfach „Diplomarbeit“ (30,0 ECTS)**

27,0 ECTS Diplomarbeit

3,0 ECTS Kommissionelle Abschlussprüfung