



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Bachelor

**Master**

Doktorat

Universitäts-  
lehrgang

Studienplan (Curriculum)  
für das  
**Masterstudium**  
**Telecommunications**  
**UE 066 507**

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	4
4. Zulassung zum Masterstudium	5
5. Aufbau des Studiums	5
6. Lehrveranstaltungen	18
7. Prüfungsordnung	18
8. Studierbarkeit und Mobilität	19
9. Diplomarbeit	20
10. Akademischer Grad	20
11. Qualitätsmanagement	20
12. Inkrafttreten	21
13. Übergangsbestimmungen	21
A. Modulbeschreibungen	22
B. Lehrveranstaltungstypen	68
C. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen	69
D. Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen	70

# 1. Grundlage und Geltungsbereich

Der vorliegende Studienplan definiert und regelt das ingenieurwissenschaftliche, englischsprachige Masterstudium *Telecommunications* 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 *Telecommunications* vermittelt eine breite, wissenschaftlich und methodisch hochwertige und auf dauerhaftes Wissen ausgerichtete Spezialausbildung, welche auf das Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik aufbaut und die Absolvent\_innen für den internationalen Arbeitsmarkt konkurrenzfähig macht. Verfahren und Methoden der Telekommunikation finden immer breitere Anwendung in allen ingenieurwissenschaftlichen Bereichen und dienen dort oft als Basistechnologie oder erlauben vollkommen neue Ansätze (enabling technology). Das Masterstudium *Telecommunications* kommt dieser Entwicklung entgegen, indem es neben einem reinen Telekommunikationsstudienpfad auch alternative Studienpfade bietet, die es erlauben, Expertenwissen in anderen Disziplinen der Elektrotechnik zu erwerben.

Diese Ausbildung befähigt – ohne lange Einarbeitungszeit – zu einer einschlägigen Berufstätigkeit mit folgenden Berufsprofilen:

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

Weiters qualifiziert das Masterstudium *Telecommunications* zur Weiterqualifizierung im Rahmen fachnaher Doktoratsstudiengänge.

Dieses internationale und forschungsorientierte Masterstudium *Telecommunications* hat auch die Ambition, den Anteil der Frauen in den Ingenieurwissenschaften zu erhöhen, die Kommunikation des Ingenieurwesens mit der Gesellschaft zu verbessern und internationale Studierende besonders aus Mitteleuropa anzuziehen. Aufgrund der internationalen Ausrichtung dieses Studiums und der internationalen Bedeutung der Telekommunikation werden alle Pflichtlehrveranstaltungen des Telekommunikationsbereiches dieses Masterstudiums in englischer Sprache angeboten, was es ermöglicht, auch ein Gesamtstudium in englischer Sprache zu absolvieren.

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

**Fachliche und methodische Kompetenzen** Im Masterstudium *Telecommunications* erlangen die Studierenden vertiefende Fachkenntnisse in ihrem Fachgebiet und ein tiefgehendes Verständnis der technischen und naturwissenschaftlichen Vorgänge. Sie kennen

den letzten Stand der Technik in ihrem Bereich und die wesentlichen Normen und Standards. Außerdem beherrschen sie die wissenschaftlichen Grundlagen und Methoden und verfügen so über eine gute Ausgangsbasis für eine weitere berufliche Tätigkeit, aber auch für eine weiterführende Qualifikation im Rahmen eines fachnahen Doktoratsstudiums. Durch Wahl aus verschiedenen Spezialisierungsbereichen können die Studierenden Zusatzfähigkeiten in den Bereichen Schaltungstechnik, Regelungstechnik, Automatisierungstechnik, Mikroelektronik, Computertechnik oder Energietechnik erwerben und damit Telekommunikationsmethoden in angewandten Bereichen interdisziplinär verwenden.

**Kognitive und praktische Kompetenzen** Absolvent\_innen des Masterstudiums *Telecommunications* können Aufgabenstellungen der Telekommunikation einschließlich angrenzender interdisziplinärer Fachgebiete wissenschaftlich analysieren, formal beschreiben und dafür geeignete Modelle entwickeln. Sie sind darin geübt, mit angemessenen Methoden unter Einbeziehung aktueller Hilfsmittel der Informationsverarbeitung und unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen Lösungen für diese Aufgabenstellung kreativ zu erarbeiten. Sie haben im Rahmen ihres Studiums bereits mehrere wissenschaftliche Arbeiten verfasst und verfügen so über Fertigkeiten im wissenschaftlichen Arbeiten. Darüber hinaus sind sie mit den wesentlichen mathematischen Methoden ihres Fachgebietes vertraut. Sie sind in der Lage, sich die Informationen und Kenntnisse zu verschaffen, die zum Einstieg in eine neue Technik notwendig sind. Sie können neue Entwicklungen in ihr Wissensschema einordnen und sich in neue Wissensbereiche einarbeiten.

**Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen** Absolvent\_innen können ihre Ideen wirkungsvoll und mit zeitgemäßen Mitteln vertreten. Sie haben bereits praktische Erfahrung in der Teamarbeit und in der verantwortungsvollen Führung von Teams gesammelt.

Sie verfügen über gute Kenntnisse der englischen Sprache, um auch international tätig werden zu können.

Sie verstehen wirtschaftliche Zusammenhänge, verfügen über betriebswirtschaftliches Wissen für Projektmanagement, Produktentwicklung und -vermarktung und besitzen Kosten- und Qualitätsbewusstsein.

Sie sind in der Lage, technische Entwicklungen in ihren sozialen und ökologischen Auswirkungen abzuschätzen und für eine menschengerechte Technik einzutreten.

### 3. Dauer und Umfang

Der Arbeitsaufwand für das Masterstudium *Telecommunications* 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 *Telecommunications* 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* an der Technischen Universität Wien und das Bachelorstudium *Elektrotechnik* an der Technischen Universität Graz.

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

Personen, deren Erstsprache nicht Englisch ist, haben die Kenntnis der englischen Sprache, sofern dies gem. § 63 Abs. 1 Z 3 UG erforderlich ist, nachzuweisen. Für einen erfolgreichen Studienfortgang werden Englischkenntnisse nach Referenzniveau B2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen empfohlen.

In einigen Modulgruppen werden auch Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen sowie ergänzende Lehrveranstaltungen in deutscher Sprache angeboten. Für einen erfolgreichen Studienfortgang in diesen Bereichen werden daher Deutschkenntnisse nach Referenzniveau B2 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 *Telecommunications* gliedert sich in nachstehende Prüfungsfächer mit den ihnen zugeordneten Modulen.

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

Das Masterstudium *Telecommunications* besteht, so wie alle Masterstudien der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, aus den Prüfungsfächern „Pflichtmodul“ sowie „Vertiefungspflichtmodule“ und „Wahlmodule“ mit der Bezeichnung der gewählten Modulgruppe, dem Prüfungsfach „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“ und dem Prüfungsfach „Diplomarbeit“. Das Pflichtmodul und die 5 Vertiefungspflichtmodule zu 9 ECTS bzw. jeweils 45 ECTS sind verpflichtend zu absolvieren. Zusätzlich müssen für das Prüfungsfach „Wahlmodule“ drei beliebige weitere Wahlmodule mit jeweils 9 ECTS der gewählten Modulgruppe zur weiteren Vertiefung gewählt werden. Im Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* können einzelne Lehrveranstaltungen kombiniert werden. Dadurch erlaubt dieses Masterstudium nicht nur eine große Flexibilität bezüglich der Fähigkeiten der Studierenden, sondern es können gleichzeitig spezielle Expertisen in verwandten Fachgebieten (wie Mikroelektronik, Schaltungstechnik, Computertechnik, Energietechnik, Automatisierungstechnik und Regelungstechnik) gebildet werden, die für den späteren Beruf speziell qualifizieren.

### **Pflichtmodul (9,0 ECTS)**

Signal Processing (9,0 ECTS)

Aus den folgenden 6 Modulgruppen ist eine verpflichtend zu wählen. Aus dem Namen der gewählten Modulgruppe ergibt sich auch der Name der im Abschlusszeugnis auszuweisenden Prüfungsfächer.

#### **Modulgruppe 1 Telecommunications**

Diese Modulgruppe bietet eine breitangelegte Telekom Ausbildung durchgängig in englischer Sprache. Das Berufsbild der Absolvent\_innen ist breit gestreut in allen Anwendungen der Telekommunikation, von der mobilen Kommunikation bis hin zur Auslegung optischer und kabelgebundener Netze. Ebenso sind die Absolvent\_innen in der Lage, Fragen der Schaltungsauslegung oder des Antennendesigns zu behandeln. Diese Modulgruppe bietet den Absolvent\_innen eine fundierte Grundlagenausbildung im Bereich der Telekommunikation, und sie erlaubt den Zugang zum Doktoratsstudium. Diese Modulgruppe besteht aus fünf Vertiefungspflichtmodulen (Communication Networks, Wireless Communications, Digital Communications, RF Engineering, Photonic and Optical Communications). Zu diesen fünf Modulen werden jeweils Wahlmodule angeboten, aus denen insgesamt drei zu wählen sind. Alle Module werden in englischer Sprache angeboten.

### **Telecommunications (45,0 ECTS)**

#### **Vertiefungspflichtmodule:**

Communication Networks (9,0 ECTS)

Wireless Communications (9,0 ECTS)

Digital Communications (9,0 ECTS)

RF Techniques (9,0 ECTS)

Photonic and Optical Communications (9,0 ECTS)

### **Wahlmodul Telecommunications (27,0 ECTS)**

#### **Wahlmodule für Modulgruppe 1:**

Advanced Signal Processing (9,0 ECTS)

Network Security (9,0 ECTS)

Advanced Wireless Communications (9,0 ECTS)

Advanced Digital Communications (9,0 ECTS)

Advanced RF Techniques (9,0 ECTS)

Advanced Photonics (9,0 ECTS)

### **Modulgruppe 2 Informations- und Kommunikationstechnik**

Das Berufsbild dieser Absolvent\_innen umfasst sowohl Techniken der Telekommunikation als auch der Computertechnik. Sowohl kabelgebundene als auch funkgestützte Verbindungen im Zusammenhang mit der Verteilung, Verarbeitung und Speicherung großer Datenmengen werden von ihnen beherrscht. Dies beinhaltet auch ein Verständnis von Kodierungsalgorithmen. Diese Modulgruppe besteht aus drei Vertiefungspflichtmodulen der Telekommunikation in englischer Sprache (Communication Networks, Wireless Communications, Digital Communications) und zwei weiteren Vertiefungspflichtmodulen aus der Computertechnik (zwei aus: Analoge und Digitale Schaltungen, Grundlagen der Informatik, Smart Grids aus Netzperspektive). Zu diesen gewählten fünf Modulen werden jeweils Wahlmodule angeboten, aus denen insgesamt drei zu wählen sind, mindestens zwei davon aus dem Bereich Telekom.

### **Informations- und Kommunikationstechnik (45,0 ECTS)**

#### **Vertiefungspflichtmodule:**

Communication Networks (9,0 ECTS)

Wireless Communications (9,0 ECTS)

Digital Communications (9,0 ECTS)

Grundlagen der Informatik (9,0 ECTS)

Analoge und Digitale Schaltungen (9,0 ECTS)

Smart Grids aus Netzperspektive (9,0 ECTS)

### **Wahlmodul Informations- und Kommunikationstechnik (27,0 ECTS)**

#### **Wahlmodule für Modulgruppe 2:**

Advanced Signal Processing (9,0 ECTS)

Network Security (9,0 ECTS)

Advanced Wireless Communications (9,0 ECTS)

Advanced Digital Communications (9,0 ECTS)  
Advanced RF Techniques (9,0 ECTS)  
Advanced Photonics (9,0 ECTS)  
Photonic and Optical Communications (9,0 ECTS)  
RF Techniques (9,0 ECTS)  
Betriebssysteme und Software Engineering - Vertiefung (9,0 ECTS)  
Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen - Vertiefung (9,0 ECTS)  
Informationstechnik in Smart Grids (9,0 ECTS)

### **Modulgruppe 3 Telekom Schaltungs- und System-Design**

Die Absolvent\_innen dieser Modulgruppe verstehen die grundlegenden Lösungen im nachrichtentechnischen Umfeld und können diese in konkrete Entwicklungen von Schaltungen, Chips und Telekommunikationssystemen umsetzen. Sie finden Arbeitsplätze nicht nur in der Halbleiterindustrie, sondern auch im Anlagenbau und in der Konzeption moderner Telekommunikationsanlagen. Das Ausbildungsprofil ist von praktischer Umsetzbarkeit im Schaltungs- und Systembereich geprägt.

Diese Modulgruppe besteht aus drei Vertiefungspflichtmodulen aus der Telekommunikation in englischer Sprache (Wireless Communications, RF Engineering, Photonic and Optical Communications) und zwei weiteren Vertiefungspflichtmodulen aus dem Kernbereich der Mikroelektronik (Analoge und Digitale Schaltungen, Bauelemente und Systeme). Zu diesen fünf Modulen werden jeweils Wahlmodule angeboten aus denen insgesamt drei zu wählen sind, mindestens zwei davon aus dem Bereich Telekom.

### **Telekom Schaltungs- und System-Design (45,0 ECTS)**

#### **Vertiefungspflichtmodule:**

RF Techniques (9,0 ECTS)  
Wireless Communications (9,0 ECTS)  
Photonic and Optical Communications (9,0 ECTS)  
Analoge und Digitale Schaltungen (9,0 ECTS)  
Bauelemente und Systeme (9,0 ECTS)

### **Telekom Schaltungs- und System-Design (27,0 ECTS)**

#### **Wahlmodule für Modulgruppe 3:**

Advanced Signal Processing (9,0 ECTS)  
Network Security (9,0 ECTS)  
Advanced Wireless Communications (9,0 ECTS)  
Advanced Digital Communications (9,0 ECTS)  
Advanced RF Techniques (9,0 ECTS)  
Advanced Photonics (9,0 ECTS)

Digital Communications (9,0 ECTS)

Communication Networks (9,0 ECTS)

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

Bauelemente und Systeme – Vertiefung (9,0 ECTS)

### **Modulgruppe 4 Telekommunikation in der Energietechnik**

Das Berufsbild dieser Modulgruppe liegt in der Übertragung, Verarbeitung und Speicherung großer Datenmengen beim Betrieb von Anlagen zur Erzeugung elektrischer Energie. Durch die gerade entstehende Infrastruktur im Bereich „smart metering“ werden sogenannte „smart grids“ und „smart cities“ entstehen, die besonders energieeffizient funktionieren werden. Wichtige Merkmale dieser neu entstehenden Berufsgruppe sind die Kenntnisse von IT Infrastruktur wie Internet und Datenverkehr per Funk sowie Kenntnisse über den optimalen Betrieb der Energieversorgung und der Energieübertragung.

Diese Modulgruppe besteht aus drei Vertiefungspflichtmodulen aus der Telekommunikation in englischer Sprache (Communication Networks, Wireless Communications, RF Engineering) und zwei weiteren Vertiefungspflichtmodulen aus dem Kernbereich der Energietechnik (zwei aus: Energiewandlung und -übertragung, Energiewirtschaft, Stromversorgungsnetze-Praxis, Smart Grids aus Netzperspektive). Zu diesen gewählten fünf Modulen werden Wahlmodule angeboten, aus denen insgesamt drei zu wählen sind, mindestens zwei davon aus dem Bereich Telekom.

### **Telekommunikation in der Energietechnik (45,0 ECTS)**

#### **Vertiefungspflichtmodule:**

RF Techniques (9,0 ECTS)

Wireless Communications (9,0 ECTS)

Communication Networks (9,0 ECTS)

Energiewandlung und -übertragung (9,0 ECTS)

Energiewirtschaft (9,0 ECTS)

Stromversorgungsnetze - Praxis (9,0 ECTS)

Smart Grids aus Netzperspektive (9,0 ECTS)

### **Wahlmodule Telekommunikation in der Energietechnik (27,0 ECTS)**

#### **Wahlmodule für Modulgruppe 4:**

Advanced Signal Processing (9,0 ECTS)

Network Security (9,0 ECTS)

Advanced Wireless Communications (9,0 ECTS)

Advanced Digital Communications (9,0 ECTS)

Advanced RF Techniques (9,0 ECTS)

Advanced Photonics (9,0 ECTS)  
Photonic and Optical Communications (9,0 ECTS)  
Digital Communications (9,0 ECTS)  
Energieversorgung Vertiefung (9,0 ECTS)  
Energiewirtschaft und Umwelt - Vertiefung (9,0 ECTS)  
Informationstechnik in Smart Grids (9,0 ECTS)

### **Modulgruppe 5 Telekommunikation in der Automatisierungstechnik**

Moderne Automatisierungsstraßen stellen hohe Anforderungen an die echtzeitgerechte und zugleich sichere Übertragung großer Datenmengen. Absolvent\_innen dieser Modulgruppe kennen sich genauestens in Übertragungs- und Modulationsverfahren aus, haben gute Kenntnisse über existierende Feldebussysteme und deren Anwendung in der Automatisierung. Aber auch moderne Automatisierungsstraßen mit autonomen Systemen und zahlreichen, oft passiven Sensoren mit Nahfeldkommunikation und den damit verbundenen Problemen der Datenübertragung gehören zu den Aufgaben dieser Absolvent\_innen. Sie benötigen daher gute Kenntnisse im Bereich der Datennetz-Infrastruktur und drahtgebundener sowie funkgestützter Kommunikationsverbindungen.

Diese Modulgruppe besteht aus drei weiteren Vertiefungspflichtmodulen aus der Telekommunikation in englischer Sprache (Communication Networks, Digital Communications, RF Engineering) und zwei Modulen aus dem Kernbereich der Automatisierung (Automation, Antriebe und Stromrichter). Zu diesen fünf Modulen werden jeweils Wahlmodule angeboten, aus denen insgesamt drei zu wählen sind, mindestens zwei davon aus dem Bereich Telekom.

### **Telekommunikation in der Automatisierungstechnik (45,0 ECTS)**

#### **Vertiefungspflichtmodule:**

RF Techniques (9,0 ECTS)  
Digital Communications (9,0 ECTS)  
Communication Networks (9,0 ECTS)  
Automation (9,0 ECTS)  
Antriebe und Stromrichter (9,0 ECTS)

### **Wahlmodule Telekommunikation in der Automatisierungstechnik (27,0 ECTS)**

#### **Wahlmodule für Modulgruppe 5:**

Advanced Signal Processing (9,0 ECTS)  
Network Security (9,0 ECTS)  
Advanced Wireless Communications (9,0 ECTS)  
Advanced Digital Communications (9,0 ECTS)  
Advanced RF Techniques (9,0 ECTS)

Advanced Photonics (9,0 ECTS)  
Wireless Communications (9,0 ECTS)  
Photonic and Optical Communications (9,0 ECTS)  
Leistungselektronik (9,0 ECTS)  
Antriebe – Vertiefung (9,0 ECTS)

### **Modulgruppe 6 Telekommunikation im Regelungstechnischen Umfeld**

Die Absolvent\_innen dieser Modulgruppe sind befähigt, moderne Übertragungsverfahren im regelungstechnischen Bereich einzusetzen. Klassische Regler werden heute oft dezentral ausgelegt, in Verbindung mit Funksensoren. Ein hoher Anteil der Wertschöpfung im Auto entsteht durch den Einsatz von IT, die zum sicheren Einsatz im Straßenverkehr optimal mit der Regelung zusammenarbeiten muss. Die Anwendungen dieser Ausbildung sind vielfältig und oft in der Steuerung und Regelung von Automatisierungsstraßen aber auch in der Telekommunikation selbst zu finden. Das Ausbildungsprofil ist von hohem Grundlagenwissen geprägt und benötigt neben fundierten Grundlagen in der Netzinfrastruktur und der Datenfunkübertragung vertiefte Kenntnisse der Regelungstechnik und der Signalverarbeitung.

Diese Modulgruppe besteht aus drei Vertiefungspflichtmodulen der Telekommunikation in englischer Sprache (Communication Networks, Wireless Communications, Digital Communications) und zwei Pflichtmodulen aus dem Kernbereich der Regelungstechnik (Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung, Optimale Systeme). Zu diesen fünf Modulen werden Wahlmodule angeboten, aus denen insgesamt drei zu wählen sind.

### **Telekommunikation im Regelungstechnischen Umfeld (45,0 ECTS)**

#### **Vertiefungspflichtmodule:**

Wireless Communications (9,0 ECTS)  
Digital Communications (9,0 ECTS)  
Communication Networks (9,0 ECTS)  
Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung (9,0 ECTS)  
Optimale Systeme (9,0 ECTS)

### **Wahlmodule Telekommunikation im Regelungstechnischen Umfeld (27,0 ECTS)**

#### **Wahlmodule für Modulgruppe 6:**

Advanced Signal Processing (9,0 ECTS)  
Network Security (9,0 ECTS)  
Advanced Wireless Communications (9,0 ECTS)  
Advanced Digital Communications (9,0 ECTS)  
Advanced RF Techniques (9,0 ECTS)  
Advanced Photonics (9,0 ECTS)

Photonic and Optical Communications (9,0 ECTS)

RF Techniques (9,0 ECTS)

Modellierung und Regelung Vertiefung (9,0 ECTS)

### **Prüfungsfächer**

Die Modulgruppen 1—6 regeln, welche Prüfungsfächer relevant sind. Wahlmodule sind als Gruppe jeweils an die Modulgruppe gebunden, optional und nur in einem Gesamtumfang von drei Modulen zu absolvieren. Die Module zuzüglich der Diplomarbeit inklusive Diplomprüfung bilden die „Prüfungsfächer“, deren Bezeichnungen samt Umfang und Gesamtnoten auf dem Abschlusszeugnis ausgewiesen werden. In Summe ergeben sich für die zwei Prüfungsfächer Pflichtmodul und der Vertiefungspflichtmodule der gewählten Modulgruppe

**54 ECTS**

Die Prüfungen aus den drei gewählten Wahlmodulen der gewählten Modulgruppe führen in Summe zu

**27 ECTS.**

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

Freie Wahlfächer und Transferable Skills (9,0 ECTS)

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

### **Diplomarbeit (30,0 ECTS)**

Siehe Abschnitt 9.

In Summe ergeben sich damit 120 ECTS-Punkte für das Masterstudium Telecommunications.

### **Kurzbeschreibung der Module**

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

**Advanced Digital Communications (9,0 ECTS)** Es vermittelt vertiefende Kenntnisse in verschiedenen Teilgebieten der digitalen Übertragungstechnik mit einem deutlichen Praxisbezug. Beispiele für behandelte Themengebiete sind Mehrträger- und Mehrantennensysteme sowie Quellencodierung und Informationstheorie.

**Advanced Photonics (9,0 ECTS)** Dieses Modul umfasst die theoretische und experimentelle, forschungsnahe Auseinandersetzung mit fortgeschrittenen Konzepten, Verfahren und Systemen der Photonik. Bearbeitung von aktuellen Forschungs-Themen der

Photonik, Kennenlernen von theoretischen Methoden, Modellen und experimentellen Verfahren sowie Technologien.

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

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

**Advanced Wireless Communications (9,0 ECTS)** Dieses Modul liefert Detailwissen über fortgeschrittene Konzepte im Bereich der (1) drahtlosen paketbasierten Übertragungstechnik, insbesondere für Videodaten im Mobilfunk, der (2) robusten Kommunikation mit Hilfe hochentwickelter „Spread-Spectrum“-Konzepte sowie (3) Antennen-Design und Transceiver-Strukturen für die ultrabreitbandige Übertragung. Das Modul wird durch ein Seminar abgerundet, in welchem die Studierenden moderne Konzepte der drahtlosen und mobilen Übertragungstechnik selbständig erarbeiten, in Zusammenarbeit mit Studierenden internationaler Partneruniversitäten.

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

**Antriebe und Stromrichter (9,0 ECTS)** Dieses Modul behandelt grundlegende Eigenschaften elektrischer Maschinen, Antriebe und Stromrichter, die in der elektrischen Energietechnik und in nachhaltigen Energiesystemen zum Einsatz kommen. Es werden die wesentlichen Eigenschaften von Drehfeldmaschinen, speziell von Asynchron-, Reluktanz- und Synchronmaschinen im Netzbetrieb und auch unter Berücksichtigung des Stromrichterbetriebs behandelt, ebenso werden Transformatoren als wesentliche Komponenten in Stromversorgungssystemen und Stromrichterschaltungen vorgestellt. Der Aufbau und das Betriebsverhalten dieser Maschinen, Antriebe und Stromrichter wird in den Lehrveranstaltungen theoretisch gezeigt und in den Übungsteilen der Lehrveranstaltungen mit Rechen- und Laborübungen praktisch ergänzt.

**Antriebe – Vertiefung (9,0 ECTS)** Dieses Modul vertieft die im Modul “Antriebe und Stromrichter” theoretisch behandelten Grundlagen der elektrischen Antriebe anhand von ausgewählten Anwendungsfällen und antriebstechnischen Themen. Dabei werden vorzugsweise im Rahmen von kleinen Gruppen spezielle Fragen im Detail betrachtet, beginnend bei Literaturrecherche, Entwurf, Simulation und gegebenenfalls bis zum Aufbau eines speziellen Antriebs.

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

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

**Betriebssysteme und Software Engineering - Vertiefung (9,0 ECTS)** Der in den entsprechenden Grundlagenlehrveranstaltungen gebotene Inhalt soll in diesem Modul vertieft bzw. erweitert werden können. Es gibt hier keine inhaltliche Festlegung, damit der Inhalt der vertiefenden Lehrveranstaltungen flexibel sein kann und das vermittelte Wissen möglichst aktuell den Stand der Technik wiedergibt.

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

**Digital Communications (9,0 ECTS)** Dieses Modul vermittelt grundlegendes Wissen über die wichtigsten Modulations-, Codier-, Detektions- und Decodierungsverfahren, die in der digitalen Übertragungstechnik verwendet werden. Dieses Modul ist die Grundlage für das Verständnis weiterführender und spezialisierter Lehrveranstaltungen betreffend z.B. MIMO-Kommunikation, Mehrträgerverfahren (OFDM), Mobilkommunikation, kooperative Kommunikation, Kommunikation zwischen Fahrzeugen.

**Energieversorgung Vertiefung (9,0 ECTS)** Das Modul Energieversorgung Vertiefung vermittelt ein vertieftes Verständnis der Stoffgebiete des Moduls Energiewandlung und -übertragung sowie Grundlagen und praktische Kenntnisse in der Anwendung von

Netzberechnungssoftware sowie der eigenständigen Analyse von stationären und dynamischen Vorgängen in Energiesystemen.

**Energiewandlung und -übertragung (9,0 ECTS)** Das Modul Energiewandlung und -übertragung behandelt wesentliche Konzepte der Erzeugung elektrischer Energie in Kraftwerken und dezentralen Erzeugungsanlagen, ihre Auslegung und Berechnung und ihre Einbindung in regenerative Energiesysteme unter Verwendung unterschiedlicher Speichertechnologien. Weiterhin befasst sich das Modul mit Aspekten des Netzbetriebes und Netzschutzes und der Beherrschung von Fehlern im elektrischen Energiesystem, sowie mit der Bewertung der Wirtschaftlichkeit in regenerativen Energiesystemen.

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

**Energiewirtschaft und Umwelt - Vertiefung (9,0 ECTS)** Die fundamentale Motivation für dieses Modul ist das Wissen über energiewirtschaftliche sowie umwelt- und energiepolitische Probleme durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen und Seminararbeiten zu vertiefen. Das zentrale Ziel ist es, Wege auszuarbeiten, wie aus gesellschaftlicher Sicht Energie in einem dynamischen Prozess optimal, nachhaltig und umweltfreundlich genutzt werden kann.

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

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

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

**Leistungselektronik (9,0 ECTS)** Dieses Modul dient der Vertiefung leistungselektronischer Grundkompetenzen hinsichtlich Entwurf und Auslegung leistungselektroni-

scher Konverter und Systeme unter Einbeziehung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Es werden vertiefende Kenntnisse leistungselektronischer Topologien, Bauelemente, Ansteuer-, Regel- und Filterkreise wie auch einschlägiger Dimensionierungs- und Simulationsmethoden vermittelt. Im Rahmen des Seminars besteht die Möglichkeit einer praxisnahen Umsetzung und/oder theoretischer bzw. simulationstechnischer Detailbetrachtungen leistungselektronischer Problemstellungen.

**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.

**Network Security (9,0 ECTS)** Das Modul behandelt Themen der Netzwerksicherheit und stellt Methoden zur Realisierung von Sicherheitsmaßnahmen in Kommunikationsnetzen vor. Das Modul vermittelt Grundlagen der Kryptographie, Sicherheitskonzepte für Kommunikationsprotokolle sowie Methoden der Anomalie-Erkennung. Die erlernten Inhalte werden in begleitenden Übungen angewendet und vertieft. In einem Seminar werden ausgewählte Themen aus der aktuellen Forschung diskutiert. Alle Lehrveranstaltungen des Moduls finden in englischer Sprache statt.

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

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

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

**RF Techniques (9,0 ECTS)** Zusätzlich zur Vermittlung der theoretischen Grundlagen hochfrequenztechnischer Systeme findet im Modul RF Techniques eine Laborübung

statt. Das Modul vermittelt die erforderlichen Grundkenntnisse zur Berechnung und Beschreibung von Hochfrequenzschaltungen sowie praktisches Know-How zur Messung und Interpretation relevanter Parameter.

**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.

**Stromversorgungsnetze - Praxis (9,0 ECTS)** Das Modul Stromversorgungsnetze-Praxis behandelt die Anwendung der klassischen elektrotechnischen Theorien und der Hochspannungstechnik im täglichen Netzbetrieb. Die Netzbetriebsprozesse wie Monitoring, Volt/var und Watt/Hz Management zur Netzführung und zum Systembetrieb, und die entsprechenden Regelkonzepte und SCADA und Übertragungs- und Verteilnetz Managementsysteme, die in Leitstellen verwendet werden, werden behandelt. Die relevanten Anwendungen werden in Theorie und Praxis behandelt und diskutiert. Es werden Rechen- und Laborübungen im Bereich der Netzanalyse und der Hochspannungstechnik durchgeführt.

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

## 6. Lehrveranstaltungen

Die Stoffgebiete der Module werden durch Lehrveranstaltungen vermittelt. Die Lehrveranstaltungen der einzelnen Module sind in Anhang A in den jeweiligen Modulbeschreibungen spezifiziert. Lehrveranstaltungen werden durch Prüfungen im Sinne des 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 *Telecommunications* sollen ihr Studium mit angemessenem Aufwand in der dafür vorgesehenen Zeit abschließen können.

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

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

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

## 9. Diplomarbeit

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

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

## 10. Akademischer Grad

Den Absolvent\_innen des Masterstudiums *Telecommunications* 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 *Telecommunications* 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 Modulbe-

schreibungen 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 68 im Detail erläutert.

### Advanced Digital Communications

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Weiterführende Kenntnisse der Methoden und Verfahren der digitalen Übertragungstechnik, wie z.B. Mehrträgermodulation, Mehrantennensysteme und Quellcodierung. Verständnis der Rahmenbedingungen für den Entwurf praktischer Systeme und der relevanten Kenngrößen zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit eines Systems. Zusammenführung des Grundlagenwissens aus den Pflichtmodulen im Kontext realer digitaler Übertragungssysteme.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Erkennen der für ein Übertragungssystem relevanten Einflussgrößen sowie ingenieurwissenschaftliches Verständnis der unterschiedlichen Entwurfsansätze zur Erreichung einer vorgegebenen Übertragungsqualität. Algorithmische Umsetzung des Lehrinhalts und numerische Simulationen. Präsentation der erarbeiteten Ergebnisse vor einem Fachpublikum. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

**Inhalt:** Advanced Digital Communications: Im Interesse einer inhaltlichen Vielfalt und aktuellen Bezug zum Stand der Forschung können die im Einzelnen behandelten Vertiefungs-Themen variieren. Beispiele umfassen Mehrträgermodulation (Grundlagen, Kanalschätzung, Synchronisation, PAPR-Reduktion, Anwendungsbeispiele), Mehrantennensysteme (Diversität, Space-Time Codes, räumlicher Multiplex, Kanalmodelle, Vorcodierung und Detektion), Quellcodierung (Rate-Distortion-Theorie, asymptotische Quantisierungstheorie, Vektor-Quantisierung, prädiktive Codierung, Teilband-Codierung, Anwendungen) sowie Informationstheorie (Grundlagen, verlustlose und verlustbehaftete Quellcodierung, Kanalcodierung, Kanalkapazität).

Quellencodierung: ist eine Schlüsseltechnologie für Mobiltelefonie, MP3, JPG und Video Übertragung. Wir beschäftigen uns mit den theoretischen Grundlagen der verlustbehafteten Quellcodierung (Rate-Distortion-Theorie und asymptotische Quantisierungstheorie), sowie mit praktischen Codierverfahren, einschließlich Vektor-Quantisierung.

Für praktisch wichtige korrelierte Quellensignale wird die Theorie weiterentwickelt und ebenfalls für praktische Systeme diskutiert, welche strukturell auf Konzepten aus der Informationstheorie basieren. Dies umfasst prädiktive Codierung, die z.B. bei der Sprachübertragung im Mobilfunk verwendet wird, sowie Teilband-Codierung, welche Bestandteil von MP3-Audio ist.

Drahtlose Mehrträgersysteme: Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) ist ein Mehrträger-Übertragungsverfahren, welches Bestandteil in einer Vielzahl moderner Funksysteme und -standards ist (z.B. WiFi, WiMAX, LTE, DVB, DAB, DRM). Die Studierenden werden die grundlegenden Aspekte von Mehrträgersystemen/OFDM kennenlernen, State-of-Art-Methoden in der drahtlosen Übertragungstechnik beherrschen, über aktuelle Standards in der Funkübertragung Bescheid wissen, und zur Erarbeitung und Weitergabe wissenschaftlicher Fachliteratur befähigt.

Information Theory for Communications Engineers: Grundlagen der Informationstheorie: Entropie, Transinformation, typische Folgen, grundlegende Beziehungen und Ungleichungen, Interpretationen. Verlustlose Quellcodierung: Optimale Codes, Huffman-Code, Bedeutung der Entropie, universelle Codes, Lempel-Ziv-Code. Verlustbehaftete Quellencodierung: Rate-Distortion-Theorie, Quantisierung, Rate-Distortion-Funktion, Shannonscher Rate-Distortion-Satz. Kanalcodierung: Kanalkapazität, Shannonscher Kanalcodierungssatz, Gausskanal, parallele Gausskanäle, Kanäle mit Rückkopplung, Separierbarkeit von Quellen- und Kanalcodierung

Seminar Digital Communications: Die Seminarteilnehmer sollen die Fähigkeit erlangen, Methoden der Übertragungstechnik algorithmisch umzusetzen. Zu diesem Zweck werden in Anlehnung an existierende Standards Teile eines Übertragungssystems von den Studierenden in Matlab implementiert und getestet.

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnis der Grundlagen in digitaler Übertragungstechnik, Signalverarbeitung und Stochastik. Erfolgreiche Teilnahme am Vertiefungspflichtmodul Modul Digital Communications oder gleichwertige Kenntnisse werden erwartet.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Implementierung von fachspezifischen Algorithmen. Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen der oben genannten Inhalte. Praktische Umsetzung der Theorie in Algorithmen. Die Leistungsbeurteilung besteht für die VU in einer mündlichen Prüfung. Für das Seminar bildet die Softwareimplementierung die Beurteilungsgrundlage.

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

3,0/2,0 VO Quellencodierung

3,0/2,0 VO Drahtlose Mehrträgersysteme

3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications  
3,0/2,0 VO Information theory for communication engineers  
3,0/2,0 SE Digital Communications Seminar

## Advanced Photonics

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

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

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

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

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

### Erwartete Vorkenntnisse:

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

### Lehrveranstaltungen des Moduls:

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

## Advanced RF Techniques

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* : Überblick über relevante Bauelemente, Wellenleiter, Materialien, Aufbauarten von Mikrowellenschaltungen und Vorstellung ihrer

Eigenschaften. Detailwissen zur Umsetzung (Schaltungsentwurf, Simulation, Optimierung) von Mikrowellenschaltungen. Handhabung von komplexeren Messaufbauten und Nicht-Standard-Messungen.

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

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

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

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

**Techniques:** Wahlweise messtechnischer oder schaltungstechnischer Schwerpunkt: Umsetzen einer individuellen Aufgabe in Form einer Nicht-Standard-Mikrowellen-Messanforderung (meist MATLAB-gesteuerter Messaufbau) oder der Realisierung einer kompakten Mikrowellen-Schaltung.

#### **Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Die VU Advanced RF Techniques besteht aus einem Vortragsteil und einem Übungsteil. Im Vortrag werden die relevanten Kenntnisse zum Aufbau von HF-Schaltungen vermittelt, während im Übungsteil in Kleingruppen von max. drei Personen der gesamte Entwurfsprozess einer Mikrowellenschaltung vorgestellt wird. Die Beurteilung erfolgt auf Basis einer mündlichen Prüfung über den Vorlesungsstoff unter Berücksichtigung der Mitarbeit

im Übungsteil. Das Seminar RF Techniques wird als betreute Einzelarbeit ausgeführt. Der Betreuer unterstützt durch Literatur und praktische Einweisung in die benötigten Messsysteme und Softwareprodukte. Im weiteren Verlauf der Arbeit steht der Betreuer für Rückfragen zur Verfügung, die Arbeit selbst wird zu einem großen Teil im Labor der Mikrowellengruppe durchgeführt. Die Leistungskontrolle erfolgt durch die Beurteilung der Mitarbeit, der in einem Bericht zusammengefassten Ergebnisse sowie einer Abschlusspräsentation.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 VU Advanced RF Techniques

3,0/2,0 SE Seminar RF Techniques

## Advanced Signal Processing

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse der Theorie und Methodik ausgewählter Bereiche der Signalverarbeitung, wie weiter unten näher ausgeführt. Verstehen der wesentlichen Zusammenhänge und der relevanten mathematischen Modelle, als Grundlage für die Anwendung in konkreten Problemen der technischen Praxis.

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse in den Bereichen Mathematische Methoden, Signalverarbeitung, Wahrscheinlichkeitslehre, Zufallssignale. Die erfolgreiche

Teilnahme am Pflichtmodul Signal Processing oder gleichwertige Kenntnisse werden erwartet.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

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

- 6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms
- 3,0/2,0 VO Parameter Estimation Methods
- 3,0/2,0 VO Signal Detection
- 3,0/2,0 SE Signal Processing Seminar
- 3,0/2,0 VO Bayesian Machine Learning

## **Advanced Wireless Communications**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

**Inhalt:** Advanced Wireless Communications 1: Einführung in hochentwickelte Konzepte der drahtlosen Übertragung und deren Anwendungen im Mobilfunk, insbesondere der drahtlosen Videoübertragung. Inhalt: Einführung in das Funk- und Core-Netzwerk von UMTS; Analyse und Modellierung drahtloser Funkverbindungen, UMTS/UTRAN

Link-Charakteristika; Video-Codierung und Erkennung und Behandlung von Übertragungsfehlern; Fehlerrobuste Video-Übertragung über UMTS, 3GPP Video Services, Co-decs, Protokolle, Optimierung, Cross-Layer Mechanismen zur Erhöhung der Robustheit; Messung der Servicequalität (QoS), Verkehrsmodellierung und Qualitätsüberwachung in UMTS-Netzwerken; Verkehrsanalyse und Problembehandlung; End-to-End Video-Qualitätsmessung; Evolution und Modellierung paketbasierter Übertragung; Traffic-Beschreibung, Adaption des Verkehrsmodells für Netzwerke mit hoher Verzögerung.

Advanced Wireless Communications 2: Prinzipien robuster Übertragungstechnik. „Spread-Spektrum“-Techniken und deren Unempfindlichkeit gegen verschiedenste Arten der Interferenz (breitbandig, schmalbandig, gepulst, permanent). Leistungsbewertung von „Spread-Spektrum“-Systemen, insbesondere hinsichtlich ihrer Robustheit, für „Punkt-zu-Punkt“-Verbindungen sowie für die Anwendung in Mehrbenutzersystemen (Code-Division Multiple-Access). Rake Empfänger. Grundlagen der Auswahl von Spreizsequenzen für Mehrbenutzersysteme. Überblick über Verfahren zur Interferenzreduktion.

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

Seminar Wireless Communications: Aktuelle Themen der Forschung und Entwicklung in der drahtlosen Übertragungstechnik und der Mobilkommunikation sowohl an den Universitäten als auch den Herstellern in der europäischen Kommunikationsindustrie sowie den Netzbetreibern. Das Seminar findet in Zusammenarbeit mit Partneruniversitäten im europäischen Ausland (STU Bratislava, TU Brno) statt.

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

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

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

- 3,0/2,0 VO Advanced Wireless Communications 1
- 3,0/2,0 VO Advanced Wireless Communications 2
- 3,0/2,0 VO Advanced Wireless Communications 3
- 3,0/2,0 VO MIMO Communications
- 3,0/2,0 SE Seminar Wireless Communications
- 3,0/2,0 SE Internationales Seminar Mobilkommunikation

## **Analoge und Digitale Schaltungen**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

**Inhalt:** Digitale ASIC-Architekturen, und ihre Modelle, Fehler im Mikrocomputerkomponenten, Plausibilitätsprüfung, Qualitätssicherung, Built in Self Test, Boundary Scan, Fehlertoleranz auch in Mikroprozessortechnik, diversitäre (dissimilare) Systeme; Architektur-Entwurfsmethoden, Designflow, Hardwarebeschreibungssprachen (z. B.

VHDL, Verifikationssprachen (z.B. Vera, E, SystemVerilog), Testbench und Verifikationsmethodik (z. B. UVM); Methoden zur RT-Synthese digitaler Systeme, Registerinferenzregeln, Optimierungen auf RT-Ebene; Simulationsalgorithmen (Ereignisdiskrete-, Schaltungs-, Mixed-Signal Simulation); Test, Design-for-Test, BIST, Methoden zur Testpatterngenerierung; Statische Timingverifikation, Equivalence Checking; Praktisches Kennenlernen einer Entwurfsumgebung (z.B. Xilinx, Cadence); Einführung in die Grundlagen analoger integrierter Schaltungen, analoge integrierte Bipolar-, CMOS- und BiCMOS-Schaltungen, Methoden zur Verbesserung des Matchings, Methodik zu Entwurf und Dimensionierung analoger ICs, Simulation integrierter Schaltungen.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

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

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

## **Antriebe und Stromrichter**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung der Lehrveranstaltung sind Studierende in der Lage, die Prinzipien der Energiewandlung in elektrischen Maschinen, das Betriebsverhalten sowie den Aufbau elektrischer Antriebe und Maschinen erläutern und diskutieren zu können sowie die Zeitzeiger- und Raumzeigerrechnung anwenden zu können. Sie können Transformatoren, Asynchronmaschinen und Synchronmaschinen im stationären und transienten Betriebsverhalten beschreiben und betreiben

sowie die unterschiedlichen Ausführungsformen und Funktionsweisen von Ankerwicklungen wie auch die Grundformen von netz- und selbstgeführten Stromrichterschaltungen verstehen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, die Methoden der Raumzeigerrechnung, der komplexen Wechselstromrechnung in Einphasen- und Mehrphasensystemen, der Laplacetransformation anzuwenden. Sie sind weiters in der Lage, das erworbene Fachwissen an praktischen Einsatzbeispielen anwenden zu können und Entwurfs- und Analyseaufgaben aus dem Bereich der Antriebstechnik sowie der Leistungselektronik zu lösen.

*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:** Raumzeigerrechnung; Aufbau, stationärer und transients Betrieb von Transformator, Asynchronmaschine, Synchronmaschine, Reluktanzmaschine; Topologien und Prinzipien der Energiewandlung in elektrischen Maschinen und leistungselektronischen Konvertern; Aufbau und Funktionsweise von Ankerwicklungen elektrischer Maschinen.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Gute Kenntnisse der Grundlagen der Elektrotechnik, im besonderen globale und lokale Eigenschaften des elektromagnetischen Feldes, Zeit- und Raumzeigerrechnung, komplexe Wechselstromrechnung, Einphasen- und symmetrische Mehrphasensysteme, Laplacetransformation, Lösung von linearen Differenzialgleichungen. Grundkenntnisse der Regelungstechnik, Antriebstechnische Vorkenntnisse gemäß Inhalt der Lehrveranstaltung Maschinen und Antriebe (Bachelorstudium) oder gleichwertiger Lehrveranstaltungen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Abstraktionsfähigkeit und Modellierungsfähigkeit einer antriebstechnischen Fragestellung unter Anwendung der theoretischen Methoden.

*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 Themen sowie Illustration der Anwendung derselben an Beispielen. Selbständiges Rechnen von Beispielen zwecks Selbstkontrolle über das Verständnis des theoretischen Stoffs. Schriftliche (typischerweise Rechenbeispiele) und mündliche (typischerweise Diskussion über physikalische Zusammenhänge) Verständnisfragen zum Stoff.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Elektrische Antriebe

3,0/2,0 VO Elektrische Maschinen

3,0/2,0 VU Leistungselektronik und Stromrichtertechnik

**Antriebe – Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung der Lehrveranstaltungen sind Studierende in der Lage, spezielle Fragestellungen aus dem Bereich der elektrischen Antriebstechnik zu analysieren, Lösungswege aufzuzeigen und konkrete Umsetzungen durchzuführen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, Simulations-, Berechnungs- und Entwurfstechniken anhand praktischer Aufgabenstellungen einzusetzen.

*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:** Ausgehend von einer konkreten Antriebsaufgabe wird vorzugsweise in Kleingruppen die Aufgabe in Teilaufgaben zerlegt, ein Zeit- und Aktions- und Organisationsplan erstellt und schrittweise ein Lösungsweg umgesetzt. Am Ende des Moduls wird die Aufgabe und die Lösung dokumentiert und in der Gruppe diskutiert.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Gute Kenntnisse der grundlegenden Antriebs-Lehrveranstaltungen (VU “Maschinen und Antriebe” und VU “Elektrische Antriebe” oder gleichwertig).

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Abstraktionsfähigkeit und Modellierungsfähigkeit einer antriebstechnischen Fragestellung unter Anwendung der theoretischen Methoden. Bereitschaft zu praktischen Aufbauten und Arbeiten im Labor.

*Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:* Selbstorganisation; Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement, Bereitschaft zu konstruktiver Diskussion.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Interaktives Arbeiten in Gruppen, regelmäßige Diskussion in der Gruppe und Planung der

nächsten Schritte. Begleitendes Dokumentieren der Vorgangsweise und der erreichten Teilziele. Kritische Reflexion der Vorgangsweise und der Ergebnisse. Begleitende Mitarbeitsbewertung sowie Erstellen einer ausführlichen Dokumentation. Präsentationen gegen Ende der Lehrveranstaltungen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Antriebstechnik, Vertiefung

4,5/3,0 SE Seminar Antriebstechnik

## **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**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Bildungsziele sind die Technologie der integrierten Schaltungen, beginnend bei den Einzelprozessen, gefolgt von der Prozess- und Device-Architektur der verschiedenen IC-Technologiefamilien (CMOS, Bipolar, BiCMOS) bis hin zum Packaging, sowie wesentlichen technologiebezogene Aspekte wie Layout, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit. Des Weiteren wird ein tiefgehendes Verständnis der fachlichen Grundlagen im Bereich der Mikrosystemtechnik, ausgehend von ausgewählten Technologien bis hin aktuellen Bauelemente-Konzepten der Mikrosensorik, -aktoriik und daraus resultierenden Systemen mit modernen Aufbau- und Verbindungskonzepten vermittelt. Ferner werden aktuelle Anwendungsgebiete der Mikro- und Nanosystemtechnik ausführlich vorgestellt, sowie die fachlichen Grundlagen der Modellierung und numerischen Simulation moderner Halbleiter-Bauelemente mit Anwendungsbeispielen der Halbleiterbauelementsimulation, zur kritischen Lösung ingenieur-relevanter Fragestellungen vermittelt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fundierte Kenntnisse der Technologie der integrierten Schaltungen, der Mikrosystemtechnik und der Bauelementmodellierung befähigen zum Entwurf und Verständnis von modernen komplexen Bauelementen, elektrischen Schaltungen und Mikrosystemen. Gerade der derzeit verfolgte Trend zu „Beyond Moore“, d.h. weg vom bedingungslosen Verkleinern mikro-elektronischer Schaltungen (Moore's Law), erfordert das Verständnis komplexer Schaltungen von heterogenen Bauelementen die auf einem einzelnen Chip integriert produziert werden (system-on-a-chip) bis hin zu neuen Systemarchitekturen mit sensorischen und aktorischen Funktionen.

*Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:* Die gebotenen Lehrinhalte befähigen zum eigenständigen Erarbeiten von einschlägigen Problemlösungen auf den angeführten Themengebieten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

**Inhalt: Integrierte Bauelemente:** Aufbauend auf den im Bachelorstudium erworbenen Kenntnissen über den Aufbau und die Funktionsprinzipien der einzelnen Halbleiterbauelemente wird in diesem Modul die gleichzeitige Herstellung all dieser Komponenten auf einem Halbleitersubstrat, d.h. die Technologie der Prozessintegration, erarbeitet. Gegenstand sind daher alle Schlüsselprozesse der modernen Halbleiterfertigung, insbesondere Dotierung, Schichterzeugung, Strukturierung und Strukturübertragung mit den modernsten Techniken. Darauf aufbauend werden die Prozess- und die Device-Architekturen der integrierten Bauelemente bis hin zum Packaging behandelt, sowie

wesentliche technologiebezogene Aspekte wie Layout, Designregelwerk, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit speziell ausgearbeitet. Abschließend werden die erworbenen Kenntnisse an Hand einschlägiger aktueller Publikationen überprüft.

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Integrierte Bauelemente

3,0/2,0 VU Mikrosystemtechnik

3,0/2,0 VU Modellierung elektronischer Bauelemente

## Bauelemente und Systeme – Vertiefung

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

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

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

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

### **Inhalt:**

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Erwartet werden grundlegende Kenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder verwandter Studien, insbesondere aus den Bereichen Sensorik/Aktorik, Technologie und entsprechender Herstellungsverfahren. Die Kenntnis des Inhalts der Vorlesung Sensorik und Sensorsysteme aus dem 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

**Betriebssysteme und Software Engineering - Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Das Ziel dieser Vertiefungs-Lehrveranstaltungen ist es, tiefere Kenntnisse in Ergänzung zu den entsprechenden Grundlagen-Lehrveranstaltungen zu geben.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Verbesserte Fertigkeiten in der Anwendung relevanter Methoden und Verfahren in den gewählten Teilgebieten. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

**Inhalt:** Vorlesung Betriebssysteme und Software Engineering, Vertiefung: In dieser Lehrveranstaltung werden mit Vortrag und Übungen vertiefende Kenntnisse und Fertigkeiten gewonnen.

Seminar Betriebssysteme und Software-Engineering: Die Inhalte des Seminars können aus dem gesamten Themenbereich stammen und werden gemeinsam mit den Studierenden zu Beginn der Lehrveranstaltung konkret festgelegt.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse aus dem Pflichtvertiefungsmodul Informatik für Elektrotechniker. Das erfolgreich abgeschlossene Vertiefungspflichtmodul Informatik für Elektrotechniker oder gleichwertige Kenntnisse werden erwartet.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Für die gewählten Lehrveranstaltungen erforderliche Fertigkeiten.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Individuell nach den Lehrveranstaltungen des Moduls.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/3,0 VU Betriebssysteme und Software Engineering, Vertiefung  
3,0/2,0 SE Seminar Betriebssysteme und Software Engineering

## Communication Networks

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VO Communication Network 1

4,5/3,0 VU Communication Network 2

## Digital Communications

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse der Theorie und Methodik von Modulation, Codierung, Detektion und Decodierung, wie weiter unten näher ausgeführt. Verstehen der wesentlichen Zusammenhänge und der klassischen mathematischen Beschreibungsmethoden, als Grundlage für den Entwurf von Sendern und Empfängern für die digitale Nachrichtenübertragung.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Befähigung zur problemangepassten Auswahl von Standardverfahren sowie zum eigenständigen Erarbeiten problemangepasster Lösungen für den Entwurf von Sendern und Empfängern für die digitale Nachrichtenübertragung. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

**Inhalt:** Digital Communications 1: Einführung, Pulsamplitudenmodulation (PAM), Sendespektren, spektrale Effizienz, Intersymbolinterferenz und Nyquistimpulse, signalangepasstes Filter, Symbol- und Bitfehlerwahrscheinlichkeit, Entzerrung (linear, entscheidungsrückgekoppelt, adaptiv), optimale Folgendetektion (MAP, ML), Viterbi-Algorithmus, Mehrfachimpulsverfahren (FSK, MSK, OFDM), verallgemeinertes Nyquistkriterium, Kanalkapazität.

Digital Communications 2: Kanalkapazität, Codierungsgewinn, diskrete Kanalmodelle (z.B. BSC), optimale Blockdecodierung (MAP, ML), Blockcodes, Galois Körper, Hamming-Gewicht und Hamming-Distanz, minimum distance-Decodierung und bounded minimum distance-Decodierung, Fehlerdetektion, Korrektur von Symbolauslöschungen (erasures), Bündelfehler, Performance-Schranken, lineare Blockcodes, Generator und Prüfmatrix, dualer Code, Syndromdecodierung, Hamming-Codes, Produktcodes, verschachtelte Codes, verkettete Codes, Turbocodes, zyklische Blockcodes, Polynombeschreibung, Schieberegister-Schaltungen, CRC-Codes, Frequenzbereichsbeschreibung,

Reed-Solomon-Codes, BCH-Codes, Faltungscodes, Distanzprofil und freie Distanz, Terminierung, katastrophale Encoder, Trellisbeschreibung, Viterbi-Algorithmus, sequenzielle Decodierung, Turbocodes, LDPC-Codes, iterative Decodierung.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse aus den Bereichen Mathematische Methoden, Signalverarbeitung, Wahrscheinlichkeitslehre, Zufallssignale. Mit Nachdruck empfohlen wird die vorhergehende Absolvierung des Pflichtmoduls „Signal Processing“ im Masterstudium.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen übertragungstechnischer Probleme und Methoden. Die Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten, weshalb entsprechende Englischkenntnisse erwartet werden.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Die Vorlesung über theoretische Grundlagen und Methoden der digitalen Kommunikation wird ergänzt durch verpflichtende Rechenübungen; dabei wird das Gelernte durch selbständiges Lösen von Übungsbeispielen und Präsentation der Lösungen an der Tafel geübt. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen, mündliche Prüfung mit Theoriefragen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Digital Communications 1

4,5/3,0 VU Digital Communications 2

## **Energieversorgung Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können die Studierenden Systeme zur Versorgung mit elektrischer Energie eigenständig analysieren. Sie haben ein tieferes Verständnis über die Stoffgebiete des Moduls “Energieumwandlung und -übertragung” sowie Praxis bei der Anwendung von Netzberechnungssoftware erworben. Sie verstehen und berechnen Energieumwandlungssysteme (Kraftwerke), bewerten die Wirtschaftlichkeit der Energieumwandlung, verstehen die Zuverlässigkeitsgrundlagen, die Berechnung von Energieübertragungssystemen und die Analyse von Störungsauswirkungen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden können nach positiver Absolvierung dieses Moduls die durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen in der Energieversorgung anwenden und sind befähigt zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen zum Einsatz in Energiesystemen.

*Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: Alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachge-

biet 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:** Thermische Kraftwerke, Wasserkraftwerke, Kraftwerke mit erneuerbarer Primärenergie; Wirtschaftlichkeit der Energieumwandlung; Kraftwerks- und Netzregelung, optimaler Kraftwerkseinsatz, betriebliche Lastvorhersage; Zuverlässigkeit von Energieerzeugungs- und Übertragungssystemen; Leitungstheorie, Lastfluss- und Kurzschlussberechnung, Lastflussoptimierung; Blitzschutz, Erdung; Stabilitätsprobleme in Energienetzen: statische und transiente Stabilität, Spannungsstabilität.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Energieversorgung, Pflichtmodul “Energiewandlung und -übertragung”.

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

*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 (ggf. projektbezogenen) Beispielen. Hausaufgaben samt mündlicher bzw. schriftlicher Ausarbeitung (Seminararbeit) der Hausaufgaben. Praktische Übungen mit Hilfe eines Netzberechnungsprogramms.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Energieversorgung, Vertiefung

4,5/3,0 SE Seminar Energieversorgung

## **Energiewandlung und -übertragung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls können Studierende die grundlegenden Zusammenhänge und Gleichungen der Thermodynamik auf theoretische und praktisch umsetzbare Kreisprozesse anwenden und in Kraftwerken umgesetzte thermodynamische Kreisprozesse berechnen. Sie können technische Umsetzungen der Kraft-Wärme-Kopplung in thermischen Kraftwerken und Grundlagen

und Maßnahmen zur Emissionsminderung und zum Umweltschutz beschreiben. Sie können Schutzkonzepte für Anlagen der Energiewandlung und der Energieübertragung und Verteilung beschreiben und die wesentlichen Vorgänge beim Auftreten von Fehlern in elektrischen Netzen in Abhängigkeit von der Sternpunktbehandlung berechnen. Sie können die Technologien zur Nutzung der Wasserkraft, Photovoltaik und Windkraft im elektrischen Energiesystem beschreiben und berechnen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden können nach positiver Absolvierung dieses Moduls die systemtechnischen Aspekte von Anlagen zur Energiewandlung in elektrischen Netzen und deren Einbindung in das elektrische Energiesystem beurteilen. Sie können die gegenseitige Wechselwirkung im hydro-thermischen Verbund und die Bedeutung von Energiewandlung aus erneuerbaren Energieträgern erfassen und die Bedeutung von Speichertechnologien beschreiben. Sie können regenerative Energiesysteme und die dabei relevanten Fragestellungen technisch und wirtschaftlich bewerten.

*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:** Thermodynamische Kreisprozesse, Gasturbinenkraftwerke und Dampfturbinenkraftwerke, Maßnahmen zur Steigerung des Wirkungsgrades, Kombiprozesse, Emissionen und Umweltschutz, Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik und Kernkraftnutzung, Kraftwerkseigenbedarf, Speichertechnologien, Wirtschaftlichkeit und Marktaspekte, Energieübertragung- und verteilung, Hochspannungs-Wechselstrom- und Hochspannungs-Gleichstromsysteme, Sternpunktbehandlung und Fehler in elektrischen Anlagen, Schalter und Schaltanlagen, Schutz von elektrischen Maschinen und Kraftwerken, Netzschutz und Netzleittechnik.

#### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik und Energieversorgung 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. Empfehlenswert sind darüber hinaus Kenntnisse der Thermodynamik und im Umgang mit symmetrischen Komponenten.

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Frontalvorlesung mit Übungsbeispielen, Tafelanschrieb und Präsentationsfolien, Diskussion der physikalischen Grundlagen und Anwendung in energietechnischen Anlagen und Netzen. Die Leistungsbeurteilung erfolgt durch schriftliche Prüfung mit Theoriefragen und Rechenbeispielen, ggf. mit zusätzlicher mündlicher Prüfung nach bereits erfolgreicher schriftlicher Prüfung.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Kraftwerke

3,0/2,0 VU Regenerative Energiesysteme

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

## **Energiewirtschaft**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Energieökonomie

4,5/3,0 VU Energiemodelle und Analysen

## **Energiewirtschaft und Umwelt - Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Das Modul vertieft das Wissen über energiewirtschaftliche sowie umwelt und energiepolitische Probleme. Schwerpunkte sind vor allem die Analyse von Energiekrisen, die Analyse von Energiesystemen, Klimaschutz, die Verfügbarkeit von erneuerbaren und konventionellen Energieträgern und die Bewertung der energiepolitischen Instrumenten und Erarbeitung von Lösungsansätzen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Das Erlernte im anwendungsorientierten Übungen auf ingenieurwissenschaftliche, energiewirtschaftlichen und umweltbezogenen Fragestellungen anwenden. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen für nachhaltige Energieentwicklungen und Modellierung unter Einsatz von regenerativen und konventionellen Energieträgern und Dienstleistungen. Im Zentrum steht vor allem

das Verständnis über die Zusammenhänge des Energiesystems und deren Wechselwirkung mit anderen Systemen, auch in Hinblick auf soziale und ökologische Gesichtspunkte. Die Studierenden sollen weiters dazu befähigt werden diese Zusammenhänge kritisch zu hinterfragen und eigene Lösungsansätze zu entwickeln.

**Inhalt:** Vertiefende Analysen zu: Erneuerbaren, nuklearen, fossilen Energieträgern; Technologie-innovation, Forschung und Entwicklung; Energieeffizienz und rationelle Endnutzung; Heizenergieversorgung; Mobilität, Verkehr, Antriebskonzepte unter Umweltsichtspunkten; Geschichte der Energiedienstleistungen; Klimawandel und -Schutz; Szenarien als Lösungsansatz sowie Energiemärkte.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Bachelorstudium der Elektrotechnik und Informationstechnik, Grundlagen der Energieversorgung, Energiesystemen, Energiewirtschaft und Umweltschutz.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen theoretischer und angewandter Fragestellungen der Technik, Wirtschaft und Umwelt (Schulwissen Oberstufe AHS, BHS oder gleichwertige berufsbildende höhere Schulen).

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag und Übungen über die theoretischen Grundlagen und praktischen Problemen der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen, wirtschaftlichen und umweltbezogenen) Beispielen. Übungen und Schriftliche Prüfungen mit Rechenbeispielen, Theorie- und Anwendungsfragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen, Seminarvorträgen und Gruppendiskussionen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Energiewirtschaft und Umwelt Vertiefung

4,5/3,0 SE Seminar Energiewirtschaft und Umwelt

## **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 der Informatik

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

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

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

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

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

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

Energiemanagement von Echtzeitsystemen, Design von Echtzeitsystemen: Architekturmodelle, Composability, Designprinzipien, Zertifizierung

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

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

## Informationstechnik in Smart Grids

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse von Theorie und Praxis der in den Themengebieten der Informations- und Kommunikationstechnik und der Technik intelligenter Energienetze, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz und die technologische Weiterentwicklung relevant sind. Studierende erhalten tiefgehende Kenntnisse

und Lösungskompetenz durch computertechnische Methoden und Programmierfähigkeiten zum Themengebiet Smart Grids.

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

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

Im Rahmen der Projektarbeit erhalten die Studierenden Zugang zu den erforderlichen Hard- und Softwaretools sowie Daten, um die Forschungsarbeit durchzuführen. Der Fortschritt wird regelmäßig mit den Lehrenden und anderen Studierenden diskutiert und

präsentiert, die Resultate in einem Bericht nach wissenschaftlichen Grundsätzen und den Erfordernissen der Themenstellung zusammengefasst.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

6,0/4,0 PR Praktikum Smart Grids

## **Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen - Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik, Vertiefung

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik, Vertiefung

3,0/2,0 SE Seminar Schaltungstechnik

3,0/2,0 SE Seminar Schaltungstechnik

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

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

## **Leistungselektronik**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Studierenden erwerben Kenntnisse über die theoretischen Grundlagen, die relevanten Analyse- und Entwurfsverfahren sowie das praxisgerechten Design von leistungselektronischen Energiewandlern (Konverter bzw. Umrichter). Es erfolgt eine Ergänzung bzw. Vertiefung des Stoffes der Lehrveranstaltung Leistungselektronik und Stromrichtertechnik in Richtung Stromversorgungen mit DC-Ausgang speziell zur Versorgung von Computern, Telekom-Einrichtungen, industriellen Steuerungen, Medizinelektronik. Weiters Vertiefung auf dem Gebiet leistungselektronischer Schaltungen besonders für Wechselrichter und aktive Gleichrichter einschließlich des Betriebsverhaltens sowie der Beschaltung und Ansteuerung abschaltbarer Halbleiterventile wie auch die Vermittlung von Kenntnissen aus dem Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) bzw. der Netzzrückwirkungen von leistungselektronischen Geräten und Systemen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse der Lösung ingenieurwissenschaftlicher Probleme für die Konzeption leistungselektronischer Systeme und Geräte sowie die Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen zur leistungselektronischen Energieumformung inklusive der Realisierung von Prototypen mit zugehöriger Messtechnik.

*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:** Topologien und Schaltungsstrukturen für leistungselektronische Konverter (inkl. Pulsrichter 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). Ansteuerstufen und Ansteuerproblematik für abschaltbare Halbleiterventile. Passive Bauteile bzw. Filter für leistungselektronische Konverter (Kondensatoren, Induktivitäten, (HF-) Transformatoren). Verschaltungs- und Kühlungstechnologien, Grundlagen der dynamischen Eigenschaften und der Regelung leistungselektronischer Konverter, Normen und Vorschriften (sicherheitsrelevant bzw. hinsichtlich EMV) für leistungselektronische Systeme mit zugehöriger Mess- und Prüftechnik. Praktischer Aufbau, Inbetriebsetzung und Test von Converttern. Numerische Simulation mit einschlägiger Simulationssoftware.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundkenntnisse der Ingenieurmathematik und der Physik, Kenntnisse der Grundlagen der Elektrotechnik sowie der Grundlagen der Analyse elektrischer Netzwerke und Schaltungen, Kenntnisse der Grundlagen der Leistungselektronik ausgehend von der Lehrveranstaltung “Leistungselektronik und Stromrichtertechnik” bzw. einer Vorlesung mit vergleichbarem Inhalt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen theoretischer und angewandter Fragestellungen der Ingenieurmathematik, Physik und Elektrotechnik sowie Grundkenntnisse der Wissenschaftsmethodik.

*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 die prinzipielle Analysemethodik für oben genannte Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen, Seminararbeit. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen sowie an praktischen Aufbauten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO EMV-gerechter Schaltungsentwurf

3,0/2,0 VU Leistungselektronik und EMV, Vertiefung

3,0/2,0 SE Seminar Leistungselektronik und EMV

## 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 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.*

## **Network Security**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

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

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

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

### **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Network Security

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

3,0/2,0 SE Communication Network Seminar

## **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 Rege-

lung 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

gen 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.*

## **Photonic and Optical Communications**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

2,5/1,5 VU Photonik 2

3,5/2,5 VU Optical Communications

3,0/2,0 VO Optical Systems

## **RF Techniques**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik, Grundkenntnisse Elektrotechnik, Grundkenntnisse Schaltungstechnik. Die erfolgreiche Teilnahme an der VU RF Techniques ist eine wesentliche Voraussetzung

für die LU Lab RF Techniques. Die Überprüfung der erforderlichen Kenntnisse kann in Form einer mündlichen Labor-Eingangsprüfung erfolgen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Erfahrungen im Umgang mit Labormessgeräten und technischer Software.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** In der VU RF Techniques werden die Grundlagen Hochfrequenztechnischer Systeme in einem Vortrag vermittelt, der von mehreren Übungseinheiten unterstützt wird. Das Erlernete wird durch das selbständige Lösen von Übungsbeispielen gefestigt. Die Leistungskontrolle erfolgt durch eine schriftliche und mündliche Prüfung. Abgegebene und korrekt gelöste Übungsbeispiele bringen Zusatzpunkte zur schriftlichen Prüfung.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 VU RF Techniques

3,0/2,0 LU Labor RF Techniques

## 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.*

## **Stromversorgungsnetze - Praxis**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Studierenden erwerben Kenntnisse über die Grundlagen und Technologien der Hochspannungstechnik. Nach positiver Absolvierung der Lehrveranstaltungen sind Studierende in der Lage, die komplizierten Prozesse zu verstehen, die für den Betrieb des Übertragungs- und Verteilungsnetzes erforderlich

sind. Sie sind in der Lage, grundsätzliche Parametrisierungen und Prüfungen von Schutz-einrichtungen elektrischer Maschinen und Anlagen durchzuführen. Sie können Strom- und Spannungsverhältnisse bei Erdschlüssen in Drehstromnetzen bei unterschiedlicher Sternpunktbehandlung berechnen sowie die Problematik der Rückwirkungen von nichtlinearen Verbrauchern auf das elektrische Netz messen und beschreiben. Studierende können eine vereinfachte Prüfung der dielektrischen Festigkeit eines Freiluft-Trennschalters mit hoher Wechselspannung und Stoßspannung durchführen. Sie können einfache Berechnungen mit dem Netzberechnungsprogramm PSS(R)SINCAL durchführen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen für Energieübertragung und -verteilung. Messung und praktische Prüfung von Anlagenteilen.

*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:** Hochspannungstechnische Auslegung von Komponenten der Energieübertragung und -verteilung, Prüftechnik, Hochspannungstechnik. Theorien, die dem täglichen Netzbetrieb gerecht werden. Die Beschreibung der Betriebsprozesse und den Managementsystemen, die in Leitstellen verwendet wird, wird bereitgestellt. Die relevantesten Anwendungen werden theoretisch und praktisch diskutiert. Vielen Demonstrationen werden in einem echten SCADA / EMS / DMS System durchgeführt. Folgende Themen werden behandelt: Netzleitstellen für Stromnetze; Stromnetze Monitoring; Stromnetze Szenarioanalyse; Erzeugung-Last Ausgleich; Stromnetze Haltung: statische Sicherheit; Stromnetze Haltung: Winkelstabilität; Stromnetze Haltung: Spannungsstabilität; Energie Management Systeme: Grund- und Erweiterte Funktionen; Distribution Management Systeme: Grund- und Erweiterte Funktionen. Eine Exkursion zu einer Übertragungs- oder Verteilungsnetzleitstelle gibt den Studierenden die Möglichkeit, mit Experten der Netzleitstelle zu sprechen. Zusätzlich, Erdschluss in Drehstromnetzen, Messungen an Schutzeinrichtungen elektrischer Maschinen und Anlagen, Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme, Netzurückwirkungen, Prüfung der dielektrischen Festigkeit eines Freiluft-Trennschalters mit hoher Wechselspannung und Stoßspannung. Leistungsflussberechnung mit PSS(R)SINCAL.

#### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlagen der Elektrotechnik und Grundlagen der Energieversorgung gemäß dem Inhalt des Bachelorstudiums Elektrotechnik und Informationstechnik an der TU Wien.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen theoretischer und angewandter Fragestellungen der Technik.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Positive Absolvierung der Lehrveranstaltung Energiewandlung und –übertragung.

**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 und Laborübungseinheiten. Gruppenarbeit, Durchführung und Dokumentation von Messungen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

1,5/1,0 VO Hochspannungstechnik

3,0/2,0 VO Betriebsprozesse in Übertragungs- und Verteilnetzen

4,5/3,0 UE Labor Energieversorgung

## **Wireless Communications**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

**Inhalt: Wireless Communications 1:** Einführung in die drahtlose und mobile Kommunikation und deren Problemstellungen und Systemkonzepte. Eigenschaften des mobilen Übertragungskanals. Der zellulare Systementwurf; Fundamentale Trade-offs in Latenz, Zuverlässigkeit und Datenrate. Einführung in Systemkonzepte und Netzarchitekturen der dritten und vierten Generation: Verbindungsaufbau, Leistungsregelung, adaptive Modulation und Codierung, Handoverkonzepte mit ihren Protokollen und Kontrollkanälen. Integration von Daten- und Sprachdiensten. Aufbau und Eigenschaften von Antennen und Antennengruppen; Codierung, Modulation und Übertragungsverfahren. Kanalcharakterisierung; insbesondere Schwundmechanismen, doppelt selektive Übertragungskanäle und deren Signal- und Systemtheorie (Abschattung, Mehrwegeausbreitung, Dopplerverbreiterung, WSSUS Annahme, Streufunktion).

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

**Labor Wireless Communications:** Praktische Erfahrung im Bereich des Mobilfunks; Verständnis der Philosophie der robusten Kommunikationstechnik; Rechner-simulation der Wellenausbreitung, messtechnische Charakterisierung von Antennen, Netzwerkplanung und der Übertragungstechnik im Mobilfunk mit Hilfe der „Spread-Spectrum“-Technik. Inhalt: Robuste Kommunikation; „Spread-Spectrum“-Signale; „Spread-Spectrum“-Systeme; Leistungsfähigkeit auf AWGN-Kanälen; Leistungsfähigkeit auf Interferenzkanälen; RAKE-Empfänger; Leistungsfähigkeit bei Mehrwegeausbreitung und Signalschwund; CDMA-Systeme; Leistungsfähigkeit von CDMA-Netzwerken; Synchronisation von „Spread-Spectrum“-Systemen.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an ingenieurwissenschaftlichen Beispielen. Schriftliche und mündliche Prüfungen mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen; Tests auch in der Laborübung möglich.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

## B. 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

Beispiel für einen Studienplan Modulgruppe 1

<b>1. Semester (WS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
VU SignalProcessing 1	4,5 ECTS
VU SignalProcessing 2	4,5 ECTS
VO Communication Networks 1	4,5 ECTS
VU RF Techniques	6,0 ECTS
VU Photonics 2	2,5 ECTS
VU Optical Communications	3,5 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	4,5 ECTS
<b>2. Semester (SS)</b>	<b>30 ECTS</b>
VU Wireless Communications 1	6,0 ECTS
LU Laboratory Wireless Communications or VO Wireless Communication 2	3,0 ECTS
VU Communication Networks 2	4,5 ECTS
VU Digital Communications 1	4,5 ECTS
LU Laboratory RF Techniques	3,0 ECTS
VO Optical Systems	3,0 ECTS
Wahlvorlesungsblock	6,0 ECTS
<b>3. Semester (WS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
VU Digital Communications 2	4,5 ECTS
Seminar Wahlblock 1	3,0 ECTS
Wahlvorlesungsblock 2	6,0 ECTS
Seminar Wahlblock 2	3,0 ECTS
Wahlvorlesungsblock 3	6,0 ECTS
Seminar Wahlblock 3	3,0 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	4,5 ECTS
<b>4. Semester (WS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Diplomarbeit	30,0 ECTS

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

### **Prüfungsfach „Pflichtmodul“ (9,0 ECTS)**

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

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

### **Prüfungsfach „Telecommunications“ (45,0 ECTS)**

#### **Modul „Communication Networks“ (9,0 ECTS)**

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

#### **Modul „Wireless Communications“ (9,0 ECTS)**

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

#### **Modul „Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Digital Communications 1  
4,5/3,0 VU Digital Communications 2

#### **Modul „RF Techniques“ (9,0 ECTS)**

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

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

2,5/1,5 VU Photonik 2  
3,5/2,5 VU Optical Communications  
3,0/2,0 VO Optical Systems

### **Prüfungsfach „Wahlmodul Telecommunications“ (27,0 ECTS)**

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

6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms  
3,0/2,0 VO Parameter Estimation Methods  
3,0/2,0 VO Signal Detection  
3,0/2,0 SE Signal Processing Seminar  
3,0/2,0 VO Bayesian Machine Learning

**Modul „Network Security“ (9,0 ECTS)**

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

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

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

**Modul „Advanced Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Quellencodierung  
3,0/2,0 VO Drahtlose Mehrträgersysteme  
3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications  
3,0/2,0 VO Information theory for communication engineers  
3,0/2,0 SE Digital Communications Seminar

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

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

**Modul „Advanced Photonics“ (9,0 ECTS)**

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

**Prüfungsfach „Informations- und Kommunikationstechnik“ (45,0 ECTS)****Modul „Communication Networks“ (9,0 ECTS)**

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

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

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

**Modul „Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Digital Communications 1  
4,5/3,0 VU Digital Communications 2

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

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

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

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

### **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 „Wahlmodul Informations- und Kommunikationstechnik“ (27,0 ECTS)**

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

6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms  
3,0/2,0 VO Parameter Estimation Methods  
3,0/2,0 VO Signal Detection  
3,0/2,0 SE Signal Processing Seminar  
3,0/2,0 VO Bayesian Machine Learning

### **Modul „Network Security“ (9,0 ECTS)**

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

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

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

### **Modul „Advanced Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Quellencodierung  
3,0/2,0 VO Drahtlose Mehrträgersysteme

3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications  
3,0/2,0 VO Information theory for communication engineers  
3,0/2,0 SE Digital Communications Seminar

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

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

**Modul „Advanced Photonics“ (9,0 ECTS)**

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

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

2,5/1,5 VU Photonik 2  
3,5/2,5 VU Optical Communications  
3,0/2,0 VO Optical Systems

**Modul „RF Techniques“ (9,0 ECTS)**

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

**Modul „Betriebssysteme und Software Engineering - Vertiefung“ (9,0 ECTS)**

6,0/3,0 VU Betriebssysteme und Software Engineering, Vertiefung  
3,0/2,0 SE Seminar Betriebssysteme und Software Engineering

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

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik, Vertiefung  
6,0/4,0 VU Schaltungstechnik, Vertiefung  
3,0/2,0 SE Seminar Schaltungstechnik  
3,0/2,0 SE Seminar Schaltungstechnik  
3,0/2,0 VO Optoelekt. integrierte Schaltungen

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

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

**Prüfungsfach „Telekom Schaltungs- und System-Design“ (45,0 ECTS)**

**Modul „RF Techniques“ (9,0 ECTS)**

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

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

6,0/4,0 VU Wireless Communications 1

3,0/2,0 VO Wireless Communications 2  
3,0/2,0 LU Lab Wireless Communications

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

2,5/1,5 VU Photonik 2  
3,5/2,5 VU Optical Communications  
3,0/2,0 VO Optical Systems

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

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

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

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

**Prüfungsfach „Telekom Schaltungs- und System-Design“ (27,0 ECTS)**

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

6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms  
3,0/2,0 VO Parameter Estimation Methods  
3,0/2,0 VO Signal Detection  
3,0/2,0 SE Signal Processing Seminar  
3,0/2,0 VO Bayesian Machine Learning

**Modul „Network Security“ (9,0 ECTS)**

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

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

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

**Modul „Advanced Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Quellencodierung  
3,0/2,0 VO Drahtlose Mehrträgersysteme  
3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications  
3,0/2,0 VO Information theory for communication engineers  
3,0/2,0 SE Digital Communications Seminar

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

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

**Modul „Advanced Photonics“ (9,0 ECTS)**

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

**Modul „Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Digital Communications 1  
4,5/3,0 VU Digital Communications 2

**Modul „Communication Networks“ (9,0 ECTS)**

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

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

6,0/4,0 VU Schaltungstechnik, Vertiefung  
6,0/4,0 VU Schaltungstechnik, Vertiefung  
3,0/2,0 SE Seminar Schaltungstechnik  
3,0/2,0 SE Seminar Schaltungstechnik  
3,0/2,0 VO Optoelekt. integrierte Schaltungen

**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

**Prüfungsfach „Telekommunikation in der Energietechnik“ (45,0 ECTS)**

**Modul „RF Techniques“ (9,0 ECTS)**

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

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

6,0/4,0 VU Wireless Communications 1

3,0/2,0 VO Wireless Communications 2  
3,0/2,0 LU Lab Wireless Communications

**Modul „Communication Networks“ (9,0 ECTS)**

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

**Modul „Energiewandlung und -übertragung“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Kraftwerke  
3,0/2,0 VU Regenerative Energiesysteme  
3,0/2,0 VO Energieübertragung und -verteilung

**Modul „Energiewirtschaft“ (9,0 ECTS)**

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

**Modul „Stromversorgungsnetze - Praxis“ (9,0 ECTS)**

1,5/1,0 VO Hochspannungstechnik  
3,0/2,0 VO Betriebsprozesse in Übertragungs- und Verteilnetzen  
4,5/3,0 UE Labor Energieversorgung

**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 „Wahlmodule Telekommunikation in der Energietechnik“ (27,0 ECTS)**

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

6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms  
3,0/2,0 VO Parameter Estimation Methods  
3,0/2,0 VO Signal Detection  
3,0/2,0 SE Signal Processing Seminar  
3,0/2,0 VO Bayesian Machine Learning

**Modul „Network Security“ (9,0 ECTS)**

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

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

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

3,0/2,0 VO MIMO Communications  
3,0/2,0 SE Seminar Wireless Communications  
3,0/2,0 SE Internationales Seminar Mobilkommunikation

**Modul „Advanced Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Quellencodierung  
3,0/2,0 VO Drahtlose Mehrträgersysteme  
3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications  
3,0/2,0 VO Information theory for communication engineers  
3,0/2,0 SE Digital Communications Seminar

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

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

**Modul „Advanced Photonics“ (9,0 ECTS)**

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

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

2,5/1,5 VU Photonik 2  
3,5/2,5 VU Optical Communications  
3,0/2,0 VO Optical Systems

**Modul „Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Digital Communications 1  
4,5/3,0 VU Digital Communications 2

**Modul „Energieversorgung Vertiefung“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Energieversorgung, Vertiefung  
4,5/3,0 SE Seminar Energieversorgung

**Modul „Energiewirtschaft und Umwelt - Vertiefung“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Energiewirtschaft und Umwelt Vertiefung  
4,5/3,0 SE Seminar Energiewirtschaft und Umwelt

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

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

## **Prüfungsfach „Telekommunikation in der Automatisierungstechnik“ (45,0 ECTS)**

### **Modul „RF Techniques“ (9,0 ECTS)**

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

### **Modul „Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Digital Communications 1  
4,5/3,0 VU Digital Communications 2

### **Modul „Communication Networks“ (9,0 ECTS)**

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

### **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 „Antriebe und Stromrichter“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VU Elektrische Antriebe  
3,0/2,0 VO Elektrische Maschinen  
3,0/2,0 VU Leistungselektronik und Stromrichtertechnik

## **Prüfungsfach „Wahlmodule Telekommunikation in der Automatisierungstechnik“ (27,0 ECTS)**

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

6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms  
3,0/2,0 VO Parameter Estimation Methods  
3,0/2,0 VO Signal Detection  
3,0/2,0 SE Signal Processing Seminar  
3,0/2,0 VO Bayesian Machine Learning

### **Modul „Network Security“ (9,0 ECTS)**

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

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

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

3,0/2,0 VO MIMO Communications  
3,0/2,0 SE Seminar Wireless Communications  
3,0/2,0 SE Internationales Seminar Mobilkommunikation

**Modul „Advanced Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Quellencodierung  
3,0/2,0 VO Drahtlose Mehrträgersysteme  
3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications  
3,0/2,0 VO Information theory for communication engineers  
3,0/2,0 SE Digital Communications Seminar

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

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

**Modul „Advanced Photonics“ (9,0 ECTS)**

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

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

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

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

2,5/1,5 VU Photonik 2  
3,5/2,5 VU Optical Communications  
3,0/2,0 VO Optical Systems

**Modul „Leistungselektronik“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO EMV-gerechter Schaltungsentwurf  
3,0/2,0 VU Leistungselektronik und EMV, Vertiefung  
3,0/2,0 SE Seminar Leistungselektronik und EMV

**Modul „Antriebe – Vertiefung“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Antriebstechnik, Vertiefung  
4,5/3,0 SE Seminar Antriebstechnik

**Prüfungsfach „Telekommunikation im Regelungstechnischen Umfeld“ (45,0 ECTS)**

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

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

3,0/2,0 LU Lab Wireless Communications

**Modul „Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Digital Communications 1

4,5/3,0 VU Digital Communications 2

**Modul „Communication Networks“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VO Communication Network 1

4,5/3,0 VU Communication Network 2

**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

**Prüfungsfach „Wahlmodule Telekommunikation im  
Regelungstechnischen Umfeld“ (27,0 ECTS)**

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

6,0/4,0 VU Machine Learning Algorithms

3,0/2,0 VO Parameter Estimation Methods

3,0/2,0 VO Signal Detection

3,0/2,0 SE Signal Processing Seminar

3,0/2,0 VO Bayesian Machine Learning

**Modul „Network Security“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VU Network Security

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

3,0/2,0 SE Communication Network Seminar

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

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

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

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

3,0/2,0 VO MIMO Communications

3,0/2,0 SE Seminar Wireless Communications

3,0/2,0 SE Internationales Seminar Mobilkommunikation

**Modul „Advanced Digital Communications“ (9,0 ECTS)**

3,0/2,0 VO Quellencodierung

3,0/2,0 VO Drahtlose Mehrträgersysteme

3,0/2,0 VO Mobile Digital Communications  
3,0/2,0 VO Information theory for communication engineers  
3,0/2,0 SE Digital Communications Seminar

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

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

**Modul „Advanced Photonics“ (9,0 ECTS)**

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

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

2,5/1,5 VU Photonik 2  
3,5/2,5 VU Optical Communications  
3,0/2,0 VO Optical Systems

**Modul „RF Techniques“ (9,0 ECTS)**

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

**Modul „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

**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