



FAKULTÄT FÜR  
ELEKTROTECHNIK UND  
INFORMATIONSTECHNIK  
Faculty of Electrical Engineering and Information Technology

Studienplan (Curriculum)  
für das

# Masterstudium Telecommunications

UE 066 507

Fakultät für  
Elektrotechnik und Informationstechnik

Beschluss des Senats der  
Technischen Universität Wien  
mit Wirksamkeit 21. Juni 2021

Gültig ab 1. Oktober 2021



§ 1	Grundlage und Geltungsbereich	3
§ 2	Qualifikationsprofil	3
§ 3	Dauer und Umfang	4
§ 4	Zulassung zum Masterstudium	4
§ 5	Aufbau des Studiums	5
§ 6	Lehrveranstaltungen	17
§ 7	Prüfungsordnung	17
§ 8	Studierbarkeit und Mobilität	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
§ 9	Diplomarbeit	18
§ 10	Akademischer Grad	18
§ 11	Integriertes Qualitätsmanagement	19
§ 12	Inkrafttreten	19
§ 13	Übergangsbestimmungen	19
	Anhang Modulbeschreibungen: Pflichtmodul	20
	Anhang Modulbeschreibungen: Vertiefungspflichtmodule aus der Telekommunikation	22
	Anhang Modulbeschreibungen: Vertiefungspflichtmodule aus anderen Studiengängen	30
	Anhang Modulbeschreibungen: Wahlmodule aus der Telekommunikation	46
	Anhang Modulbeschreibungen: Wahlmodule aus anderen Studiengängen	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
	Anhang Modulbeschreibungen: Diplomarbeit und Freie Wahl	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
	Anhang: Lehrveranstaltungstypen	69
	Anhang: Zusammenfassung aller verpflichtenden Voraussetzungen im Studium	70
	Anhang: Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen	71

## § 1 Grundlage und Geltungsbereich

Der vorliegende Studienplan definiert und regelt das ingenieurwissenschaftliche Masterstudium Telecommunications an der Technischen Universität Wien. Es basiert auf dem Universitätsgesetz 2002 – UG (BGBl. I Nr. 120/2002) und den Studienrechtlichen Bestimmungen der Satzung der Technischen Universität Wien in der jeweils geltenden Fassung. Die Struktur und Ausgestaltung des vorwiegend englischsprachigen Studiums orientieren sich am Qualifikationsprofil gemäß §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 Absolventinnen und Absolventen 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 Studienwege 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 Telekommunikation 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.

### Fachliche und methodische Kompetenzen

Im Masterstudium Telekommunikation 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 Fertigkeiten

Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums Telekommunikation 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 imstande, 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, Innovationskompetenzen und Kreativität

Absolventinnen und Absolventen 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 Telekommunikation beträgt 120 ECTS-Punkte. Dies entspricht einer vorgesehenen Studiendauer von vier Semestern als Vollzeitstudium.

ECTS-Punkte sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden. Ein Studienjahr umfasst 60 ECTS-Punkte.

### § 4 Zulassung zum Masterstudium

Die Zulassung zu einem Masterstudium setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder Fachhochschul-Bachelorstudienganges oder eines anderen gleichwertigen Studiums an einer anerkannten in- oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus.

Fachlich in Frage kommend ist jedenfalls das Bachelorstudium Elektrotechnik an der Technischen Universität Wien und das Bachelorstudium Elektrotechnik an der Technischen Universität Graz.

Wenn die Gleichwertigkeit grundsätzlich gegeben ist und nur einzelne Ergänzungen auf die volle Gleichwertigkeit fehlen, können zur Erlangung der vollen Gleichwertigkeit alternative oder zusätzliche Lehrveranstaltungen und Prüfungen im Ausmaß von maximal 30 ECTS-Punkten vorgeschrieben werden, die im Laufe des Masterstudiums zu absolvieren sind. Für spezielle Studienrichtungen existieren Standardvorschriften, die auf der Fakultätshomepage veröffentlicht sind und bei der Studienvertretung sowie beim Studiendekan aufliegen.

Das Masterstudium Telecommunications erfordert eine gute Kenntnis der englischen Sprache, da ein Großteil der Pflichtmodule in Englisch absolviert werden muss. Daher sind Englischkenntnisse nach dem Referenzniveau B2 der Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen (GER) für Sprachen erforderlich. Diese Kenntnisse sind jedenfalls für Österreichische Studierende bei Vorliegen eines Maturaabschlusses vorhanden und müssen bei ausländischen Studierenden nachgewiesen werden.

In einigen Modulgruppen werden auch Pflicht- und Wahllehrveranstaltungen sowie ergänzende Lehrveranstaltungen in deutscher Sprache angeboten. Daher werden Deutschkenntnisse nach

Referenzniveau B2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens (GER) für Sprachen empfohlen, sind aber nicht zwingend erforderlich, da es mindestens einen Studienpfad in Englisch gibt.

## § 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 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 Telekommunikationsstudium 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 und kommissionelle Abschlussprüfung“. Das Pflichtmodul und die 5 Vertiefungspflichtmodule zu jeweils 9 ECTS, bzw. 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.

Prüfungsfach „Pflichtmodul“

Signal Processing	9 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 AbsolventInnen ist breit gestreut in allen Anwendungen der Telekommunikation, von der mobilen Kommunikation bis hin zur Auslegung optischer und kabelgebundener Netze. Ebenso sind die AbsolventInnen in der Lage, Fragen der Schaltungsauslegung oder des Antennendesigns zu behandeln. Diese Modulgruppe bietet den Absolventinnen 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.

Prüfungsfach „Telecommunications“

<b>Vertiefungspflichtmodule:</b>	ECTS
Communications Networks	9

Wireless Communications	9
Digital Communications	9
RF Techniques	9
Photonic and Optical Communications	9
<b>Summe fünf Module:</b>	<b>45</b>

#### Prüfungsfach „Wahlmodule Telecommunications“

<b>Wahlmodule Telecommunications:</b>	ECTS
Advanced Signal Processing	9
Network Security	9
Advanced Wireless Communications	9
Advanced Digital Communications	9
Advanced RF Techniques	9
Advanced Photonics	9
<b>Summe drei Wahlmodule:</b>	<b>27</b>

#### Modulgruppe 2 Informations- und Kommunikationstechnik

Das Berufsbild dieser AbsolventInnen 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, Informatik für Elektrotechniker, IKT in Energienetzen). Zu diesen gewählten fünf Modulen werden jeweils Wahlmodule angeboten, aus denen insgesamt drei zu wählen sind, mindestens zwei davon aus dem Bereich Telekom.

#### Prüfungsfach „Informations- und Kommunikationstechnik“

<b>Vertiefungspflichtmodule:</b>		
Communications Networks	9	Telekom
Wireless Communications	9	Telekom
Digital Communications	9	Telekom
Informatik für Elektrotechniker	9	Computertechnik
Analoge und Digitale Schaltungen	9	Computertechnik
IKT in Energienetzen	9	Computertechnik
<b>Summe fünf Module:</b>	<b>45</b>	

Prüfungsfach „Wahlmodule Informations- und Kommunikationstechnik“

<b>Wahlmodule für Modulgruppe 2 Informations und Kommunikationstechnik:</b>	ECTS	Fachgebiet
Advanced Signal Processing	9	Telekom
Network Security	9	Telekom
Advanced Wireless Communications	9	Telekom
Advanced Digital Communications	9	Telekom
Advanced RF Techniques	9	Telekom
Advanced Photonics	9	Telekom
Photonic and Optical Communications	9	Telekom
RF Techniques	9	Telekom
Betriebssysteme und Software Engineering Vertiefung	9	Computertechnik
Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen Vertiefung	9	Computertechnik
Smart Grids	9	Computertechnik
<b>Summe drei Wahlmodule:</b>	<b>27</b>	

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

Die AbsolventInnen 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.

Prüfungsfach „Telekom Schaltungs- und System-Design“

<b><u>Vertiefungspflichtmodule:</u></b>		
RF Techniques	9	Telekom
Wireless Communications	9	Telekom
Photonic and Optical Communications	9	Telekom
Analoge und Digitale Schaltungen	9	Mikroelektronik
Bauelemente und Systeme	9	Mikroelektronik
<b>Summe sechs Module:</b>	<b>45</b>	



Prüfungsfach „Telekom Schaltungs- und System-Design“

<b>Wahlmodule für Modulgruppe 3 Telekom Schaltungs- und System-Design:</b>	ECTS	Fachgebiet
Advanced Signal Processing	9	Telekom
Network Security	9	Telekom
Advanced Wireless Communications	9	Telekom
Advanced Digital Communications	9	Telekom
Advanced RF Techniques	9	Telekom
Advanced Photonics	9	Telekom
Digital Communications	9	Telekom
Communication Networks	9	Telekom
Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen Vertiefung	9	Mikroelektronik
Bauelemente und Systeme Vertiefung	9	Mikroelektronik
<b>Summe drei Wahlmodule:</b>	<b>27</b>	

**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, Energiewirtschaft und Umwelt, Energieübertragung, IKT in Energienetzen). Zu diesen gewählten fünf Modulen werden Wahlmodule angeboten, aus denen insgesamt drei zu wählen sind, mindestens zwei davon aus dem Bereich Telekom.

Prüfungsfach „Telekommunikation in der Energietechnik“

<b><u>Vertiefungspflichtmodule:</u></b>		
RF Techniques	9	Telekom
Wireless Communications	9	Telekom
Communication Networks	9	Telekom
Energiewandlung	9	Energietechnik
Energiewirtschaft und Umwelt	9	Energietechnik
Energieübertragung	9	Energietechnik



IKT in Energienetzen	9	Energietechnik
<b>Summe sechs Module:</b>	<b>45</b>	

#### Prüfungsfach „Wahlmodule Telekommunikation in der Energietechnik“

<b>Wahlmodule für Modulgruppe 4</b>	ECTS	Fachgebiet
<b>Telekommunikation in der Energietechnik:</b>		
Advanced Signal Processing	9	Telekom
Network Security	9	Telekom
Advanced Wireless Communications	9	Telekom
Advanced Digital Communications	9	Telekom
Advanced RF Techniques	9	Telekom
Advanced Photonics	9	Telekom
Photonic and Optical Communications	9	Telekom
Digital Communications	9	Telekom
Energieversorgung	9	Energietechnik
Energiewirtschaft und Umwelt Vertiefung	9	Energietechnik
Smart Grids	9	Energietechnik
<b>Summe drei Wahlmodule:</b>	<b>27</b>	

#### Modulgruppe 5 Telekommunikation in der Automatisierungstechnik

Moderne Automatisierungsstraßen stellen hohe Anforderungen an die echtzeitgerechte und zugleich sichere Übertragung großer Datenmengen. AbsolventInnen dieser Modulgruppe kennen sich genauestens in Übertragungs- und Modulationsverfahren aus, haben gute Kenntnisse über existierende Feldbussysteme 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 AbsolventInnen. Sie benötigen daher gute Kenntnisse im Bereich der Datennetz-Infrastruktur und drahtgebundener sowie funkgestützter Kommunikationsverbindungen.

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

#### Prüfungsfach „Telekommunikation in der Automatisierungstechnik“

<b>Vertiefungspflichtmodule:</b>		
RF Techniques	9	Telekom
Digital Communications	9	Telekom

Communication Networks	9	Telekom
Automation	9	Automatisierung
Antriebstechnik	9	Automatisierung
<b>Summe sechs Module:</b>	<b>45</b>	

Prüfungsfach „Wahlmodule Telekommunikation in der Automatisierungstechnik“

<b>Wahlmodule für Modulgruppe 5</b>	ECTS	Fachgebiet
<b>Telekommunikation in der Automatisierungstechnik:</b>		
Advanced Signal Processing	9	Telekom
Network Security	9	Telekom
Advanced Wireless Communications	9	Telekom
Advanced Digital Communications	9	Telekom
Advanced RF Techniques	9	Telekom
Advanced Photonics	9	Telekom
Wireless Communications	9	Telekom
Photonic and Optical Communications	9	Telekom
Leistungselektronik und EMV	9	Automatisierung
Antriebstechnik Vertiefung	9	Automatisierung
<b>Summe drei Wahlmodule:</b>	<b>27</b>	

**Modulgruppe 6 Telekommunikation im Regelungstechnischen Umfeld**

Die AbsolventInnen 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 dem Pflichtmodul Signal Processing sowie drei Vertiefungspflichtmodulen der Telekommunikation in englischer Sprache (Communication Networks, Wireless Communications, Digital Communications) und zwei Pflichtmodulen aus dem Kernbereich der Regelungstechnik (Regelungssysteme, Optimale Systeme). Zu diesen fünf Modulen werden Wahlmodule angeboten, aus denen insgesamt drei zu wählen sind.

Prüfungsfach „Telekommunikation im Regelungstechnischen Umfeld“

<b>Vertiefungspflichtmodule:</b>		
Wireless Communications	9	Telekom
Digital Communications	9	Telekom

Communication Networks	9	Telekom
Regelungssysteme	9	Regelungstechnik
Optimale Systeme	9	Regelungstechnik
<b>Summe sechs Module:</b>	<b>45</b>	

Prüfungsfach „Wahlmodule Telekommunikation im Regelungstechnischen Umfeld“

<b>Wahlmodule für Modulgruppe 6</b>	ECTS	Fachgebiet
<b>Telekommunikation im Regelungstechnischen Umfeld:</b>		
Advanced Signal Processing	9	Telekom
Network Security	9	Telekom
Advanced Wireless Communications	9	Telekom
Advanced Digital Communications	9	Telekom
Advanced RF Techniques	9	Telekom
Advanced Photonics	9	Telekom
Photonic and Optical Communications	9	Telekom
RF Techniques	9	Telekom
Modellierung und Regelung Vertiefung	9	Regelungstechnik
<b>Summe drei Wahlmodule:</b>	<b>27</b>	

### **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 **Vertiefungspflichtmodule** der gewählten Modulgruppe

**54 ECTS.**

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

**27 ECTS.**

### **Prüfungsfach „Freie Wahlfächer und Transferable Skills“**

#### **Freie Wahlfächer und Transferable Skills**

**9 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.

### **Prüfungsfach „Diplomarbeit und kommissionelle Abschlussprüfung“ (30 ECTS):**

s. § 9.

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

## **Kurzbeschreibungen der Module des Masterstudiums Telecommunications**

In den Modulen des Masterstudiums Telecommunications werden die im folgenden kurz beschriebenen Inhalte (Stoffgebiete) vermittelt. Ausführliche Modulbeschreibungen folgen im Anhang.

### **Pflichtmodul Signal Processing**

**9 ECTS**

Das Modul Signal Processing baut auf den Vorlesungen Signale und Systeme I+II sowie den Grundlagen der Nachrichtentechnik des Bachelorstudiums auf und vermittelt grundlegendes Wissen über Theorie und Methoden der digitalen Signalverarbeitung in deterministischen und stochastischen Systemmodellen. Das Modul stellt die Basis für eine große Zahl weiterführender Lehrveranstaltungen in den Modulen Digital Communications und Wireless Communications sowie den zugehörigen Wahlmodulen dar.

## **Vertiefungspflichtmodule**

### **Vertiefungspflichtmodul Wireless Communications**

**9 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.

### **Vertiefungspflichtmodul Communication Networks**

**9 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.

### **Vertiefungspflichtmodul Digital Communications**

**9 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.

### **Vertiefungspflichtmodul RF Techniques**

**9 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.

**Vertiefungspflichtmodul Photonic and Optical Communications****9 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.

**Vertiefungspflichtmodul Informatik für Elektrotechniker (nur Modulgruppe 2)****9 ECTS**

Kaum ein System kommt heute ohne Software aus. Das Modul Informatik für Elektrotechniker erweitert Grundkenntnisse um wesentliche Kenntnisse und Methoden der Informatik, ohne die kaum ein aktuelles System entworfen werden kann.

**Vertiefungspflichtmodul Analoge und Digitale Schaltungen (nur Modulgruppen 2 und 3)****9 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.

**Vertiefungspflichtmodul IKT in Energienetzen (nur Modulgruppen 2 und 4)****9 ECTS**

Informations- und Kommunikationstechnik ist ein zentraler Bestandteil von intelligenten Energienetzen (Smart Grids). Das Modul vermittelt die grundlegenden Technologien und Hilfsmittel, die zum Verständnis und zur Weiterentwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik in Energienetzen und zur Gestaltung von Smart Grids notwendig sind.

**Vertiefungspflichtmodul Bauelemente und Systeme (nur Modulgruppe 3)****9 ECTS**

Aufbauend auf den Grundvorlesungen *Halbleiterphysik* (362.069), *Elektronische Bauelemente* (362.072) und *Sensorik und Sensorsysteme* (366.071) 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.

**Vertiefungspflichtmodul Energiewandlung (nur Modulgruppe 4)****9 ECTS**

Zum Verständnis von Energiesystemen sind die grundlegenden Prinzipien der konventionellen, oft fossilen Energiewandlung genauso wichtig wie die regenerative Energiewandlung durch erneuerbare Energieträger und die Wandlung der elektrischen Energie in rotierenden Maschinen. Das Modul vermittelt das Wissen über eine nachhaltig umweltfreundliche, zuverlässige und wirtschaftliche Energiewandlung.

**Vertiefungspflichtmodul Energiewirtschaft und Umwelt (nur Modulgruppe 4)****9 ECTS**

Die fundamentale Motivation für dieses Modul ist, den Stellenwert und die Relevanz von Energie, Energiesystemen und technologischem Fortschritt für die Gesellschaft und das Wirtschaftssystem zu vermitteln. Das zentrale Ziel ist es, Wege aufzuzeigen, wie aus gesellschaftlicher Sicht Energie in einem dynamischen Prozess optimal, nachhaltig und umweltfreundlich genutzt werden kann.

**Vertiefungspflichtmodul Energieübertragung (nur Modulgruppe 4)****9 ECTS**

Es vermittelt die Kenntnisse zur Projektierung, Entwicklung, Berechnung und Analyse von Systemen der Energieübertragung sowie der dabei verwendeten Komponenten und Technologien, der Technik hoher Spannungen und der elektromagnetischen Verträglichkeit. Verfahren zur Modellierung und Simulation solcher Systeme werden ebenfalls vermittelt.

**Vertiefungspflichtmodul Automation (nur Modulgruppe 5)****9 ECTS**

Automatisierte Systeme sind aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken, sei es in der Unterhaltungselektronik, im Auto, in der U-Bahn, im Straßenverkehr, in Gebäuden, Kraftwerken oder Produktionsanlagen. In all den genannten Bereichen beruhen innovative neue Funktionen auf Automation (z.B. automatische Spurerkennung von Fahrzeugen). Die Leistungselektronik spielt als Schnittstelle zum automatisierten Prozess eine ebenso große Rolle und ist eine grundlegende Voraussetzung für den Betrieb moderner elektrischer Antriebe, für Stromversorgungen und viele andere Anwendungen in der Industrie. Dieses Modul vermittelt den grundlegenden Aufbau, die Funktion und Methoden für den Entwurf von automatisierten Systemen sowie der Leistungselektronik.

**Vertiefungspflichtmodul Antriebstechnik (nur Modulgruppe 5)****9 ECTS**

Das Modul baut auf den Inhalten der VU „Maschinen und Antriebe“ des Bachelorstudiums auf und vermittelt grundlegendes Wissen über Transformatoren (Basis Zeitzeigerrechnung), Asynchronmaschinen (Basis Raumzeigerrechnung) und synchron laufende Maschinen (Basis Raumzeigerrechnung und Zweiachsentheorie) und deren Anwendung in Antriebssystemen.

**Vertiefungspflichtmodul Regelungssysteme (nur Modulgruppe 6)****9 ECTS**

Das Modul *Regelungssysteme* behandelt die Modellierung, die Analyse und den Regelungsentwurf nichtlinearer komplexer dynamischer Systeme und die Anwendung der kompletten Entwurfskette beginnend bei der physikalisch basierten Modellierung, über die Systemidentifikation bis hin zum Regler- und Beobachterentwurf für (nichtlineare) Mehrgrößensysteme anhand von konkreten Laborversuchen und unter Verwendung moderner Software- und Automatisierungssysteme.

**Vertiefungspflichtmodul Optimale Systeme (nur Modulgruppe 6)****9 ECTS**

Das Modul *Optimale Systeme* beinhaltet die grundlegenden mathematischen Konzepte der Optimierungstheorie sowie deren Anwendung im Bereich der Automatisierungs- und Regelungstechnik. Im Speziellen werden optimierungsbasierte Verfahren für die Systemidentifikation, den Steuerungs- und Regelungsentwurf und den Beobachterentwurf behandelt und anhand von konkreten Laborversuchen unter Verwendung moderner Software- und Automatisierungssysteme angewandt.

**Wahlmodule****Wahlmodul Advanced Signal Processing****9 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 behandelter Themengebiete sind Parameterschätzung und Signaldetektion sowie adaptive Signalverarbeitung.

**Wahlmodul Advanced Wireless Communications****9 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 selbstständig erarbeiten, in Zusammenarbeit mit Studierenden internationaler Partneruniversitäten.



**Wahlmodul Network Security****9 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.

**Wahlmodul Advanced Digital Communications****9 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.

**Wahlmodul Advanced RF Techniques****9 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.

**Wahlmodul Advanced Photonics****9 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.

**Wahlmodul Betriebssysteme und Software Engineering Vertiefung****(nur Modulgruppe 2)****9 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.

**Wahlmodul Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen – Vertiefung****(nur Modulgruppen 2 und 3)****9 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.

**Wahlmodul Smart Grids (nur Modulgruppen 2 und 4)****9 ECTS**

Informations- und Kommunikationstechnik ist ein zentraler Bestandteil von intelligenten Energienetzen (Smart Grids). Das Modul vermittelt vertiefte Kenntnisse über Technologien und Hilfsmittel, die zum Verständnis, zur Entwicklung und zur weitergehenden wissenschaftlichen Beschäftigung mit Smart Grids und der Gestaltung von Energienetzen unter Einbeziehung von Informations- und Kommunikationstechnik notwendig sind.

**Wahlmodul Bauelemente und Systeme Vertiefung (nur Modulgruppe 3)****9 ECTS**

Aufbauend auf dem Modul Bauelemente und Systeme werden vertiefende Kenntnisse zu den physikalisch-technischen Grundlagen der Mess- und Wandlerprinzipien mikro- und nanotechnisch hergestellter Sensoren, Aktuatoren und daraus resultierender Systeme in Theorie und Praxis vermittelt. Aktuelle Forschungstendenzen auf diesen Gebieten bestimmen den Inhalt der Lehrveranstaltungen.

**Wahlmodul Energiewirtschaft und Umwelt Vertiefung (nur Modulgruppe 4)****9 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.

#### **Wahlmodul Energieversorgung (nur Modulgruppe 4)**

**9 ECTS**

Es vermittelt ein vertieftes Verständnis der Stoffgebiete der Module „Energiewandlung“ und „Energieübertragung“ sowie Grundlagen und praktische Kenntnisse in der Anwendung von Netzberechnungssoftware sowie der eigenständigen Analyse von stationären und dynamischen Vorgängen in Energiesystemen.

#### **Wahlmodul Leistungselektronik und EMV (nur Modulgruppe 5)**

**9 ECTS**

Das Modul ist eine Vertiefung zur Basisvorlesung „Leistungselektronik und Stromrichtertechnik“ (Pflichtmodul Automatisierungstechnik). Es ergänzt bzw. vertieft den Stoff der Basisvorlesung in Richtung elektronischer Stromversorgungen (AC/DC-Konverter), Pulswechselrichter sowie aktiver Gleichrichter. Ein Schwerpunkt liegt auch in der EMV-Problematik, die für Entwurf und Realisierung leistungselektronischer Schaltungen und Systeme von großer Wichtigkeit ist.

#### **Wahlmodul Vertiefung Antriebstechnik (nur Modulgruppe 5)**

**9 ECTS**

Das Wahlmodul *Antriebstechnik Vertiefung* benützt den Stoff der Pflichtlehrveranstaltung „Elektrische Antriebe“, um konkrete Antriebsaufgaben zu lösen. Dabei wird auf die praktische Anwendung großer Wert gelegt. Ziel des Wahlmoduls ist die konkrete Umsetzung eines Antriebsproblems in eine Lösung.

#### **Wahlmodul Modellierung und Regelung Vertiefung (nur Modulgruppe 6)**

**9 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.

#### **Freie Wahlfächer und Transferable Skills**

Das Modul dient der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.

## **§ 6 Lehrveranstaltungen**

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

Jede Änderung der Lehrveranstaltungen der Module wird in der Evidenz der Module dokumentiert und ist mit Übergangsbestimmungen zu versehen. Jede Änderung wird in den Mitteilungsblättern der Technischen Universität Wien veröffentlicht. Die aktuell gültige Evidenz der Module liegt sodann im Dekanat der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik auf.

## **§ 7 Prüfungsordnung**

Den Abschluss des Masterstudiums bildet die Diplomprüfung. Sie beinhaltet

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

2. die Abfassung einer positiv beurteilten Diplomarbeit und
3. eine kommissionelle Abschlussprüfung. Diese erfolgt mündlich vor einem Prüfungssenat gemäß § 12 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 § 18 Abs.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 basierend auf den in (a) angeführten Noten gemäß UG § 73 (3) in der Fassung vom 26. Juni 2017 sowie die Gesamtnote.

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. Die Gesamtnote ergibt sich analog zu den Prüfungsfachnoten durch gewichtete Mittelung der Noten aller dem Studium zuzuordnenden Lehrveranstaltungen sowie der Noten der Diplomarbeit und der Abschlussprüfung.

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

Der positive Erfolg von Prüfungen und wissenschaftlichen sowie künstlerischen Arbeiten ist mit "sehr gut" (1), "gut" (2), "befriedigend" (3) oder "genügend" (4), der negative Erfolg ist mit "nicht genügend" (5) zu beurteilen.

## § 9 Diplomarbeit

Die Diplomarbeit ist eine wissenschaftliche Arbeit, die dem Nachweis der Befähigung dient, ein wissenschaftliches Thema selbstständig inhaltlich und methodisch vertretbar zu bearbeiten. Das Prüfungsfach Diplomarbeit, bestehend aus der wissenschaftlichen Arbeit und der kommissionellen Gesamtprüfung, wird mit 30 ECTS-Punkten bewertet, wobei der kommissionellen Gesamtprüfung 3 ECTS zugemessen werden. Das Thema der Diplomarbeit ist von der oder dem Studierenden frei wählbar und muss im Einklang mit dem Qualifikationsprofil stehen.

Richtlinien zur Durchführung der Diplomarbeit und zum genauen Ablauf der kommissionellen Prüfung werden von der Studienkommission festgelegt.

## § 10 Akademischer Grad

Den Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums Telecommunications wird der akademische Grad „Diplom-Ingenieur“/„Diplom-Ingenieurin“ – abgekürzt „Dipl.-Ing.“ oder „DI“ (international vergleichbar mit „Master of Science“) – verliehen.

## § 11 Integriertes Qualitätsmanagement

Das integrierte Qualitätsmanagement gewährleistet, dass der Studienplan des Masterstudiums Telecommunications konsistent konzipiert ist, effizient abgewickelt und regelmäßig überprüft bzw. kontrolliert wird.

Geeignete Maßnahmen stellen die Relevanz und Aktualität des Studienplans sowie der einzelnen Lehrveranstaltungen im Zeitablauf sicher; für deren Festlegung und Überwachung sind das Studienrechtliche Organ und die Studienkommission zuständig.

Die semesterweise Lehrveranstaltungsbewertung liefert, ebenso wie individuelle Rückmeldungen zum Studienbetrieb an das Studienrechtliche Organ, zumindest für die Pflichtlehrveranstaltungen ein Gesamtbild über die Abwicklung des Studienplans für alle Beteiligten. Insbesondere können somit kritische Lehrveranstaltungen identifiziert und in Abstimmung zwischen studienrechtlichem Organ, Studienkommission und Lehrveranstaltungsleiterin und -leiter geeignete Anpassungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt werden.

Die Studienkommission unterzieht den Studienplan in einem dreijährigen Zyklus einem Monitoring, unter Einbeziehung wissenschaftlicher Aspekte, Berücksichtigung externer Faktoren und Überprüfung der Arbeitsaufwände, um Verbesserungspotentiale des Studienplans zu identifizieren und die Aktualität zu gewährleisten.

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

## § 12 Inkrafttreten

Dieser Studienplan tritt am 1. Oktober 2021 in Kraft.

## § 13 Übergangsbestimmungen

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

## Anhang Modulbeschreibungen: Pflichtmodul

### Pflichtmodul Signal Processing

Das Modul Signal Processing baut auf den Vorlesungen Signale und Systeme I+II sowie den Grundlagen der Nachrichtentechnik des Bachelorstudiums auf und vermittelt grundlegendes Wissen über Theorie und Methoden der digitalen Signalverarbeitung in deterministischen und stochastischen Systemmodellen. Das Modul stellt die Basis für eine große Zahl weiterführender Lehrveranstaltungen in den Modulen Digital Communications und Wireless Communications sowie den zugehörigen Wahlmodulen dar.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

#### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

#### Inhalte des Moduls

**Signal Processing 1:** 1. Grundlagen, Modellierung linearer Systemen, Zustandsraumbeschreibung, Abtasttheorem 2. Vektorräume und lineare Algebra, Basis und Dimension, Normen und Inprodukte, Orthogonalität, Hilbert- und 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:** diskrete und kontinuierliche Zufallsvariable, kumulative Verteilungsfunktion, Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, Transformation von Zufallsvariablen, bedingte Verteilungen, Erwartungswerte und Momente, Charakteristische Funktion, Korrelation und Kovarianz, statistische Unabhängigkeit, Orthogonalität und Unkorreliertheit, Karhunen-Loeve-Zerlegung, Dekorrelation, Innovationsdarstellung, MMSE-Schätzung (Wiener Filter), Zufallsprozesse, Stationarität, Mittelwert, Autokorrelationsfunktion, Zyklstationarität, Leistungsdichtespektrum, Effekt linearer Systeme, 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 Kenntnisse:* Kenntnisse des Inhalts der Vorlesungen Signale und Systeme I+II sowie der Grundlagen der Nachrichtentechnik des Bachelorstudiums Elektrotechnik und Informationstechnik sowie grundlegende mathematische Fertigkeiten aus der Funktionalanalysis sowie der linearen Algebra und der Wahrscheinlichkeitsrechnung werden erwartet. Da die Lehrveranstaltungen in Englisch abgehalten werden, sind entsprechende Englischkenntnisse erforderlich.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

**Angewandte 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 eines Lehrveranstaltungsbetreuers diskutiert.

Die Leistungsbeurteilung ergibt sich aus der Leistung bei den Übungen, einem schriftlichen Prüfungsteil, und einer mündlichen Abschlussprüfung.

**Lehrveranstaltungen des Moduls Signal Processing**

- VU Signal Processing 1                      4,5 ECTS                      3 Semesterwochenstunden
- VU Signal Processing 2                      4,5 ECTS                      3 Semesterwochenstunden

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Anhang Modulbeschreibungen: Vertiefungspflichtmodule aus der Telekommunikation

### Vertiefungspflichtmodul Wireless Communications

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

#### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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.

#### Inhalte des Moduls

**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 systembedingter Beschränkungen der Verzögerung und des möglichen Rechenaufwands. Praktische Konzepte der gemeinsamen Quellen- und Kanalcodierung; „soft-information processing“ als Grundlage moderner Verfahren. Notwendigkeit des Cross-Layer Designs aus 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; Rechnersimulation 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 Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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 für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

#### **Angewandte 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 Wireless Communications**

- |                                  |          |                         |
|----------------------------------|----------|-------------------------|
| • VU Wireless Communications 1   | 6,0 ECTS | 4 Semesterwochenstunden |
| • VO Wireless Communications 2   | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • LU Lab Wireless Communications | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |

Es sind Lehrveranstaltungen mit einem Gesamtumfang von mindestens 9 ECTS zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Communication Networks

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

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

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* 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.

### Inhalte des Moduls

**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 Multimediatechnik und weitere Protokolle der Transportschicht, Prozesse in der Standardisierung, begleitende praktische Übungen im Labor.

### Erwartete Vorkenntnisse

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

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* 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 für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung

Vorlesungsinhalte werden durch Übungen/Laborübungen vertieft. Schriftliche und/oder mündliche Prüfungen sowie praktische Laborabgaben.

### Lehrveranstaltungen des Moduls Communication Networks:

- |                               |          |                           |
|-------------------------------|----------|---------------------------|
| • VO Communication Networks 1 | 4,5 ECTS | 3,0 Semesterwochenstunden |
| • VU Communication Networks 2 | 4,5 ECTS | 3,0 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen des Moduls sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Digital Communications

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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.

### Inhalte des Moduls

**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 Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* Fähigkeit zum Verstehen übertragungstechnischer Probleme und Methoden.

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 Digital Communications:**

- VU Digital Communications 1 4,5 ECTS 3 Semesterwochenstunden
- VU Digital Communications 2 4,5 ECTS 3 Semesterwochenstunden

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul RF Techniques

Zusätzlich zur Vermittlung der theoretischen Grundlagen von Hochfrequenztechnischen Systemen findet 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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

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

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* 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.

### Inhalte des Moduls

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

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* Erfahrungen im Umgang mit Labormessgeräten und technischer Software.

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 RF Techniques

- VU RF Techniques 6,0 ECTS 4 Semesterwochenstunden

- LU Labor RF Techniques 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Photonic and Optical Communications

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

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

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten 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.

### Inhalte des Moduls

Theorie und Technologie integrierter Optik, Polarisationsoptik (Poincare-Kugel), S-Matrix Beschreibung von Interferometern, Laserdesign, 1D, 2D und 3D Festkörperoptik, Güteschaltung, Verstärkungsschaltung, Mode-locking, 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 Kenntnisse:* Bachelorkenntnisse der Optik, Wellenausbreitung, Festkörperelektronik, Materialwissenschaft.

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

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 Photonic and Optical Communications

- |                             |          |                           |
|-----------------------------|----------|---------------------------|
| • VU Photonik 2             | 2,5 ECTS | 1,5 Semesterwochenstunden |
| • VU Optical Communications | 3,5 ECTS | 2,5 Semesterwochenstunden |
| • VO Optical Systems        | 3,0 ECTS | 2,0 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.



## Anhang Modulbeschreibungen: Vertiefungspflichtmodule aus anderen Studiengängen

### Vertiefungspflichtmodul Informatik für Elektrotechniker

Das Modul Informatik für Elektrotechniker erweitert Grundkenntnisse um wesentliche Kenntnisse und Methoden der Informatik, ohne die kaum ein aktuelles System entworfen werden kann.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

#### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Die Studierenden erwerben Kenntnisse der formalen Methoden der Informatik zur formalen Notation, Analyse von Laufzeit und Korrektheit von Programmen und Kenntnisse von Aufbau und Funktionsweise von Betriebssystemen sowie zum Requirements- und Systems Engineering.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Die Studierende sind in der Lage, Methoden formal zu Beschreiben, Algorithmen bezüglich Korrektheit und Laufzeitverhalten zu analysieren. Sie können Softwaresysteme mit aktuellen Methoden entwickeln. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

#### Inhalte des Moduls

Komplexitätstheorie, Unentscheidbarkeit, Aussagenlogik und Erfüllbarkeitsproblem, Formale Semantik; Betriebssystemarchitekturen, Prozesse, Threads und Scheduling, Prozesssynchronisation und Deadlock, Speicherverwaltung, Ein-/Ausgabe und Disk Management; Networking, Security und Protection, Verschlüsselung; Requirements Engineering, Systems Engineering, Entwurf von User Interfaces - Software Design, Software Patterns; Einsatz und Wartung, Systemevolution, Re-Engineering (inkl. Reverse Engineering), Dokumentation von Software - Product-line Engineering - Rapid Prototyping

#### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Mathematische Grundkenntnisse aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik, Kenntnisse von OO-Methoden.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Abstraktionsfähigkeit und Programmierkenntnisse.

#### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

#### Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an Beispielen. Mündliche Prüfung. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Tests möglich.

#### Lehrveranstaltungen des Moduls Informatik für Elektrotechniker

- |                                      |          |                         |
|--------------------------------------|----------|-------------------------|
| • VU Formale Methoden der Informatik | 6,0 ECTS | 4 Semesterwochenstunden |
| • VO Betriebssysteme                 | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Software Engineering 2          | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |

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

## Vertiefungspflichtmodul Analoge und Digitale Schaltungen

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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.

### Inhalte des Moduls

Digitale ASIC-Architekturen, und ihre Modelle, Fehler im Mikrocomputerkomponenten, Plausibilitätsprüfung, Qualitätssicherung, Built in Self Test, Boundary Scan, Fehlertoleranz auch in Mikroprozessortechnik, diversitäre (dissimilare) Systeme; Architektur-Entwurfsmethoden, Designflow, Hardwarebeschreibungssprachen (z. B. VHDL, Verilog), Verifikationssprachen (z.B. Vera, E, SystemVerilog), Testbench und Verifikationsmethodik (z. B. UVM); Methoden zur RT-Synthese digitaler Systeme, Registerinferenzregeln, Optimierungen auf RT-Ebene; Simulationsalgorithmen (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 Kenntnisse:* Grundkenntnisse von Mikroprozessoren und digitalen Schaltungen sowie der Informatik.

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 Analoge und Digitale Schaltungen

- VU Digitale Integrierte Schaltungen 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden
- VU Integrierte Schaltungstechnik 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden

- VU Fehlertolerante Systeme 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden
- LU Labor Digitale Integrierte Schaltungen 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden
- LU Labor Analoge Integrierte Schaltungen 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden

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

## Vertiefungspflichtmodul IKT in Energienetzen

Informations- und Kommunikationstechnik ist ein zentraler Bestandteil von intelligenten Energienetzen (Smart Grids). Das Modul vermittelt die grundlegenden Technologien und Hilfsmittel, die zum Verständnis und zur Weiterentwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik in Energienetzen und zur Gestaltung von Smart Grids notwendig sind.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Kenntnisse von Theorie und Praxis der unten genannten Themengebiete der Informations- und Kommunikationstechnik und der Technik intelligenter Energienetze, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz und die technologische Weiterentwicklung relevant sind. Kenntnisse über physikalisch-mathematische und computertechnische Methoden zu unten genannten Themengebieten zum Lösen von Problemstellungen speziell für Fragestellungen intelligenter Energienetze.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* 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.

### Inhalte des Moduls

Anforderungen an intelligente Energienetze, Smart Grid-Konzepte und -Strukturen, Integration und IT-Aspekte von Elektromobilität, Regelung und Demand Side Management, Smart Metering, Netzbetrieb, Netzplanung und Netzanschlussbedingungen, Microgrids und virtuelle Kraftwerke, Datenschutz und Sicherheit, cyber-physical systems, Marktmechanismen und Applikationen, Netzregulierung.

### Erwartete Vorkenntnisse

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

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Durchführung von Laborübungen.

### Lehrveranstaltungen des Moduls IKT in Energienetzen

- |                               |          |                         |
|-------------------------------|----------|-------------------------|
| • VO Smart Grids              | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Energiesysteme und Netze | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • UE Labor Smart Grids        | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Bauelemente und Systeme

Aufbauend auf den Grundvorlesungen *Halbleiterphysik* (362.069), *Elektronische Bauelemente* (362.072) und *Sensorik und Sensorsysteme* (366.071) 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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Die Bildungsziele sind die Technologie der integrierten Schaltungen, beginnend bei den Einzelprozessen, gefolgt von der Prozess- und Device-Architektur der verschiedenen IC-Technologiefamilien (CMOS, Bipolar, BICMOS) bis hin zum Packaging, sowie wesentlichen technologiebezogene Aspekte wie Layout, Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit. Des Weiteren wird ein tiefergehendes Verständnis der fachlichen Grundlagen im Bereich der Mikrosystemtechnik, ausgehend von ausgewählten Technologien bis hin aktuellen Bauelementekonzepten der Mikrosensorik, -aktorik 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 ingenieursrelevanter Fragestellungen vermittelt.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* 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 mikroelektronischer 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. 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.

### Inhalte des Moduls

**Integrierte Schaltungen:** 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, Struktur-erzeugung 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 Bauelementeeigenschaften 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 Fachjournals selbstständig 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 Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* Verständnis für anwendungsbezogene Fragestellungen im Spannungsfeld Mathematik, Physik, Chemie.

#### **Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

#### **Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung**

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

#### **Lehrveranstaltungen des Moduls Bauelemente und Systeme**

- |  |          |                         |
|--|----------|-------------------------|
| • VU Integrierte Bauelemente                 | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VU Mikrosystemtechnik                      | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VU Modellierung elektronischer Bauelemente | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Energiewandlung

Zum Verständnis von Energiesystemen sind die grundlegenden Prinzipien der konventionellen, oft fossilen Energiewandlung genauso wichtig wie die regenerative Energiewandlung durch erneuerbare Energieträger und die Wandlung der elektrischen Energie in rotierenden Maschinen. Das Modul vermittelt das Wissen über eine nachhaltig umweltfreundliche, zuverlässige und wirtschaftliche Energiewandlung.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Kenntnisse über theoretische Grundlagen und praktische Realisierung von Anlagen der konventionellen und regenerativen Energiewandlung, sowie der Umsetzung elektrischer Energie in elektrischen Maschinen. Kenntnisse, um solche Anlagen zu projektieren, zu entwickeln und hinsichtlich Nachhaltigkeit, Umweltfreundlichkeit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit zu beurteilen.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierter Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen für nachhaltige Energiewandlung unter Einsatz von regenerativen und konventionellen Energieträgern und der Energiewandlung in elektrischen Maschinen.

### Inhalte des Moduls

Grundlagen der Thermodynamik, Gasturbinen, Dampfturbinen, kombinierte Prozesse, Maßnahmen zur Steigerung des Wirkungsgrades, Emissionen und Umweltschutz, Wasserkraft, Windkraft, Solarthermie und Photovoltaik, nichtkonventionelle Energiewandlung, Speicherung von Energie, rotierende elektrische Maschinen, Asynchron- und Synchrongeneratoren und -motoren, Frequenzumrichter, Wirtschaftlichkeit.

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Grundlagen der Energieversorgung

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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.

### Lehrveranstaltungen des Moduls Energiewandlung

- |                                  |          |                         |
|----------------------------------|----------|-------------------------|
| • VO Kraftwerke                  | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VU Regenerative Energiesysteme | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Elektrische Maschinen       | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.



## Vertiefungspflichtmodul Energiewirtschaft und Umwelt

Die fundamentale Motivation für dieses Modul ist, den Stellenwert und die Relevanz von Energie, Energiesystemen und technologischem Fortschritt für die Gesellschaft und das Wirtschaftssystem zu vermitteln. Das zentrale Ziel ist es, Wege aufzuzeigen, wie aus gesellschaftlicher Sicht Energie in einem dynamischen Prozess optimal, nachhaltig und umweltfreundlich genutzt werden kann.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Dieses Modul vermittelt energiewirtschaftliche Grundkenntnisse und die wichtigsten praxisbezogenen Anwendungen. Weiters werden die zentralen Inhalte energiewirtschaftlicher sowie umwelt- und energiepolitischer Modellierung erörtert und die Studierenden befähigt, eigenständig Lösungsansätze für entsprechende Probleme zu entwickeln und mit Hilfe von geeigneten Modellen umzusetzen. Die Bandbreite umfasst dabei sowohl ökonometrische als auch Simulations- und Optimierungsmodelle.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierter Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche, energiewirtschaftlichen und umweltbezogenen Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen für nachhaltige Energieentwicklungen und Modellierung unter Einsatz von regenerativen und konventionellen Energieträgern und Dienstleistungen insbesondere auch im Hinblick auf soziale und ökologische Aspekte. Anwendung von Softwarepaketen zur Modellierung und Analyse energiewirtschaftlicher Problemstellungen.

### Inhalte des Moduls

Energiegrundlagen, -einheiten; Modellierung von Energieketten; Wirtschaftliche Grundlagen; Geschichte der Energiesysteme und die zukünftige Entwicklungen; Technologie, Innovation und Infrastruktur; Fossile, nukleare und erneuerbare Ressourcen; Umwelt und Klima; Preisbildung, Kostenfunktionen, Kostenkurven und Märkte; Optimierungs- und Simulationsverfahren; Energiemodelle und praktische Anwendungen; Analyse und Modellierung energiepolitischer Instrumente; Szenarien.

### Erwartete Vorkenntnisse

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

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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.

### Lehrveranstaltungen des Moduls Energiewirtschaft und Umwelt

- |                                  |          |                         |
|----------------------------------|----------|-------------------------|
| • VU Energieökonomie             | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |
| • VU Energiemodelle und Analysen | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Energieübertragung

Es vermittelt die Kenntnisse zur Projektierung, Entwicklung, Berechnung und Analyse von Systemen der Energieübertragung sowie der dabei verwendeten Komponenten und Technologien, der Technik hoher Spannungen und der elektromagnetischen Verträglichkeit. Verfahren zur Modellierung und Simulation solcher Systeme werden ebenfalls vermittelt.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Wesentliche Methoden zur Analyse, Planung und Simulation von Energieübertragungssystemen im stationären und nichtstationären Betrieb. Verstehen, Analysieren und Handhaben von Problemstellungen in elektrischen Energienetzen, bei Netzurückwirkungen und in der Hochspannungstechnik. Kenntnisse über theoretische Grundlagen und praktische Realisierung von Anlagen zur Übertragung und Verteilung von Energie. Physik und Technik hoher Spannungen und der elektromagnetischen Verträglichkeit leitungsgebundener Energieübertragung.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* 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.

### Inhalte des Moduls

Systeme der Energieübertragung und -verteilung, Komponenten der Energieübertragung und -verteilung, Simulationsverfahren für elektromagnetische und elektromechanische Vorgänge, Schutz- und Leittechnik, Erdschluss in Drehstromnetzen, Messungen an Schutzeinrichtungen elektrischer Maschinen und Anlagen, Wirk- und Blindleistungsregelung, Elektromagnetische Verträglichkeit, elektromagnetische Felder von Freileitungen, Kabeln, Transformatoren, elektrischen Bahnen. Elektrostatische Entladung, Raum- und Kabelschirmung, Erdströme, Netzurückwirkungen und Power Quality, Oberschwingungen und Flicker, Isoliersysteme und Isolationskoordination. Berechnung elektrostatischer Felder, Hochspannungstechnische Auslegung von Komponenten der Energieübertragung und -verteilung, Prüftechnik.

### Erwartete Vorkenntnisse

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

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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, Laborübungseinheiten.

### Lehrveranstaltungen des Moduls Energieübertragung

- |  |          |                         |
|--|----------|-------------------------|
| • VO Energieübertragung und Hochspannungstechnik | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |
| • UE Labor Energieversorgung                     | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Elektromagnetische Verträglichkeit          | 1,5 ECTS | 1 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Automation

Automatisierte Systeme sind aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken, sei es in der Unterhaltungselektronik, im Auto, in der U-Bahn, im Straßenverkehr, in Gebäuden, Kraftwerken oder Produktionsanlagen. In all den genannten Bereichen beruhen innovative neue Funktionen auf Automation (z.B. automatische Spurerkennung von Fahrzeugen). Die Leistungselektronik spielt als Schnittstelle zum automatisierten Prozess eine ebenso große Rolle und ist eine grundlegende Voraussetzung für den Betrieb moderner elektrischer Antriebe, für Stromversorgungen und viele andere Anwendungen in der Industrie. Dieses Modul vermittelt den grundlegenden Aufbau, die Funktion und Methoden für den Entwurf von automatisierten Systemen sowie der Leistungselektronik.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Ziel des Moduls ist das Erwerben von Kenntnissen und Theorie der unten genannten Themengebiete der Automatisierungstechnik und Leistungselektronik. Dies umfasst Kenntnisse der Grundlagen der Steuerungs- und Leittechnik sowie deren Aufgaben und Ziele in modernen Automatisierungs- und Produktionssystemen. Des Weiteren werden Entwurfs- und Bewertungsmethoden, sowie Plattformen zur Implementierung von Automatisierungslösungen vermittelt, insbesondere im Bereich der industriellen Automation. Erarbeitung analytischer wie auch graphischer Methoden zur Analyse leistungselektronischer Schaltungen und Topologien. Erfassung der Funktionsprinzipien netz-, last- und selbstgeführter Stromrichterschaltungen wie Glättung, Kommutierung, Oberschwingungen. Behandlung von Strom- und Spannungsverläufen grundlegender leistungselektronischer Schaltungsstrukturen und Besprechung ihres stationären und dynamischen Verhaltens anhand praktischer Anwendungen.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Praktische Kenntnisse zum Entwurf und der Implementierung von Automatisierungssystemen und leistungselektronischen Lösungen werden im Rahmen der Übung und Laborübung erworben. Insbesondere der selbstständige Entwurf unter Anwendung aktueller Methoden und Werkzeugen wird vermittelt. Dabei wird die Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten von automatisierten und leistungselektronischen Systemen unter geeigneter Auswahl von Methoden und Werkzeugen erworben. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

### Inhalte des Moduls

Automatisierungspyramide; Aufgaben der Prozessleittechnik; steuerungs- und leittechnische Architekturen; Komponenten der Leittechnik (Sensoren, Aktuatoren, Steuerungen); Echtzeitsysteme; zyklische und ablaufgesteuerte Prozesse, Steuerung und Regelung in der Verfahrens- und Produktionstechnik; Entwurfsmethoden der Prozessleittechnik; Sicherheit, Zuverlässigkeit; Industrielle Steuerungssysteme (Aufbau, Funktionsweise, Verwendung), Prozessvisualisierung und SCADA. Prinzipien und Betriebseigenschaften von Halbleiterventilen (Dioden, Thyristoren, MOSFETs, IGBTs), Schaltungsstrukturen und Eigenschaften netzgeführter Stromrichter (Kommutierung und Filterung, Gleichrichter-/Wechselrichter-Betrieb), selbstgeführte Stromrichter bzw. Pulsumrichter mit DC-, AC- sowie dreiphasigem AC-Ausgang, Grundstrukturen von DC/DC-Konvertern und Schaltnetzteilen, Resonanzkonverter und angepasste Analyseverfahren.

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Grundlegende Programmierkenntnisse

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

**Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung**

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Themen sowie Illustration der Anwendung derselben an praktischen Beispielen. Schriftliche und mündliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Leistungskontrolle durch regelmäßige Tafelleistung, Tests möglich. Praxisnahe Vertiefung der Lehrinhalte durch Laborübungen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls Automation**

- VO Automatisierungs- und Steuerungssysteme 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden
- LU Labor Automatisierungs- und Steuerungssysteme 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden
- VU Leistungselektronik und Stromrichtertechnik 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Antriebstechnik

Das Modul baut auf den Inhalten der VU „Maschinen und Antriebe“ des Bachelorstudiums auf und vermittelt grundlegendes Wissen über Transformatoren (Basis Zeitzeigerrechnung), Asynchronmaschinen (Basis Raumzeigerrechnung) und synchron laufende Maschinen (Basis Raumzeigerrechnung und Zweiachsentheorie) und deren Anwendung in Antriebssystemen.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Kenntnisse der Raum- und Zeitzeigertheorie sowie der Zweiachsentheorie. Kenntnisse über Aufbau und Eigenschaften von Transformatoren, Gleich- und Drehstrommaschinen sowie deren Einbindung in ein Antriebssystem. Vertiefte Kenntnisse des transienten Verhaltens elektrischer Maschinen. Kenntnisse von Steuer- und Regelverfahren (feldorientierte Konzepte).

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Grobauslegung eines Antriebs auf Basis der geforderten Eigenschaften. Beurteilung des stationären und dynamischen Verhaltens elektrischer Maschinen. Anwendung elektrischer Maschinen in stationären und hochdynamischen Antriebskonzepten (Feldorientierung). Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

### Inhalte des Moduls

Wiederholung der Zeit- und Raumzeigerrechnung anhand von praktischen Anwendungsbeispielen. Aufbau und Betrieb von Ein- und Drehphasentransformatoren. Aufbau und Betrieb von Asynchronmaschinen und synchron laufenden Maschinen unter Anwendung von Raumzeigerrechnung und gegebenenfalls von Zweiachsentheorie. Aufbau feldorientierter Antriebsregelungen. Üben des Stoffes durch laufende Beispiele, die in Gruppen erarbeitet werden. Im Rahmen der Übung wird der theoretische Stoff anhand von Rechnungen und Laborversuchen vertieft.

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Für die Lehrveranstaltung Labor Elektrische Antriebe UE wird die VU Elektrische Maschinen und Antriebe aus dem Bachelorstudium Elektrotechnik und Informationstechnik oder inhaltsäquivalente Lehrveranstaltungen oder Vorkenntnisse vorausgesetzt. Für die VU Elektrische Antriebe werden folgende Kenntnisse erwartet: Zeit- und Raumzeigertheorie, komplexe Zahlen, Beschreibung linearer und nichtlinearer dynamischer Systeme. Kenntnisse der Gleichstrommaschine und der PM-Synchronmaschine aus dem Bachelorstudium.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Fähigkeit zum Auswählen von geeigneten elektrischen Maschinen und Regelstrukturen zum Lösen von Antriebsaufgaben. Beurteilung des stationären und dynamischen Verhaltens der verschiedenen elektrischen Maschinen im Zusammenwirken mit Stromrichtern.

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung

Vortrag über den Aufbau und die Funktionsweise der elektrischen Maschinen und deren Steuerung und Regelung. Die Vorlesungsteile werden unterstützt durch begleitende kurze Rechenaufgaben während der VU. Die VU wird durch eine schriftliche und mündliche Prüfung unter Berücksichtigung der Mitarbeit beurteilt. Im Rahmen der Übungen werden gemeinsam mit Assistentinnen und Assistenten komplexere Beispiele erarbeitet und im Labor umgesetzt. Die Übungen werden durch Kolloquien sowie laufende Mitarbeitsaufzeichnungen, speziell während der Laborteile beurteilt.

### Lehrveranstaltungen des Moduls Antriebstechnik

- VU Elektrische Antriebe 3,0 ECTS 2 Semesterwochenstunden

- UE Labor Elektrische Antriebe 6,0 ECTS 4 Semesterwochenstunden

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Regelungssysteme

Das Modul Regelungssysteme behandelt die Modellierung, die Analyse und den Regelungsentwurf nichtlinearer komplexer dynamischer Systeme und die Anwendung der kompletten Entwurfskette beginnend bei der physikalisch basierten Modellierung, über die Systemidentifikation bis hin zum Regler- und Beobachterentwurf für (nichtlineare) Mehrgrößensysteme anhand von konkreten Laborversuchen und unter Verwendung moderner Software- und Automatisierungssysteme.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses sowie der zugehörigen Methoden zur Analyse und Regelung nichtlinearer komplexer dynamischer Mehrgrößensysteme basierend auf fundierten mathematischen Konzepten. Im Weiteren wird die komplette Entwurfskette beginnend bei der physikalisch basierten Modellierung, über die Systemidentifikation bis hin zum Regler- und Beobachterentwurf anhand von konkreten Aufgabenstellungen im Labor vermittelt und das zugrundeliegende methodische Wissen zu einer ganzheitlichen Problemlösungskompetenz für komplexe dynamische nichtlineare Mehrgrößensysteme verknüpft.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, die in der automatisierungstechnischen Praxis 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. In diesem Modul wird besonderer Wert darauf gelegt, dass die erworbenen methodischen Konzepte anhand von konkreten praktischen Fragestellungen selbstständig angewandt werden und die Studierenden den Umgang mit modernen Softwarewerkzeugen und Automatisierungssystemen zur Problemlösung beherrschen. Im Weiteren soll die Fähigkeit erworben werden, sich weiterführende Konzepte und Verfahren der nichtlinearen Regelungstheorie eigenständig anzueignen und anzuwenden. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

### Inhalte des Moduls

Einführung in die Theorie nichtlinearer Systeme, Beispiele nichtlinearer Systeme, Grundlagen dynamischer Systeme, Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen, Analysemethoden, singuläre Störtheorie, Sensitivitätsuntersuchungen, Lyapunov-Stabilität, Invarianzprinzip von Krasowskii-LaSalle, direkte und indirekte Methode von Lyapunov, Lyapunov-Gleichung, Stabilität nichtautonomer Systeme, Lemma von Barbalat, Lyapunov-basierter Reglerentwurf (einfaches PD-Gesetz, Computed Torque, Integrator Backstepping, verallgemeinertes Backstepping), nichtlineare Systeme mit affinem Eingang, exakte Eingangs-Ausgangs- und Eingangs-Zustands-Linearisierung von SISO- und MIMO-Systemen, relativer Grad, Nulldynamik, Trajektorienfolge-Regelung, Flachheit, Grundlagen der Differentialgeometrie (Mannigfaltigkeit, Tangentialraum, Kotangentialraum, Lie-Ableitungen, Theorem von Frobenius), Beobachterentwurf für lineare zeitvariante Systeme. Anwendung sämtlicher Methoden an konkreten Laborversuchen unter Verwendung moderner Softwarewerkzeuge und Automatisierungssysteme.

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Der Inhalt der Lehrveranstaltung Automatisierungstechnik sowie die erworbenen mathematischen Kenntnisse aus dem Bakkalaureat-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik werden vorausgesetzt. Im Weiteren wird die Beherrschung der Methoden aus der VO Regelungssysteme 1 (Modul 2 Optimale Systeme) sowie die Absolvierung der LU Regelungssysteme 1 (Modul 2 Optimale Systeme) für das Labor Regelungssysteme 2 LU empfohlen.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Beherrschung der und Umgang mit den Methoden der Automatisierungstechnik sowie der höheren Mathematik aus dem Bakkalaureat-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik. Für das Labor Regelungssysteme LU wird der Umgang mit einschlägiger Standardsoftware wie Matlab/Simulink und Computeralgebra, wie sie in der Fachvertiefung Automatisierungstechnik im Bakkalaureat-Studium gelehrt wird, empfohlen.

**Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

**Angewandte 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 der VO Regelungssysteme 2 erfolgt mündlich, die Leistungsbeurteilung des Labors Regelungssysteme LU setzt sich aus der Überprüfung der vorbereiteten Aufgaben, der Mitarbeit während des Praktikums sowie dem Ergebnis von mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen zusammen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls Regelungssysteme**

- |                               |          |                         |
|-------------------------------|----------|-------------------------|
| • VO Regelungssysteme 2       | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |
| • LU Labor Regelungssysteme 2 | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Vertiefungspflichtmodul Optimale Systeme

Das Modul Optimale Systeme beinhaltet die grundlegenden mathematischen Konzepte der Optimierungstheorie sowie deren Anwendung im Bereich der Automatisierungs- und Regelungstechnik. Im Speziellen werden optimierungsbasierte Verfahren für die Systemidentifikation, den Steuerungs- und Regelungsentwurf und den Beobachterentwurf behandelt und anhand von konkreten Laborversuchen unter Verwendung moderner Software- und Automatisierungssysteme angewandt.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses sowie der zugehörigen Methoden der Optimierungstheorie basierend auf fundierten mathematischen Konzepten im Hinblick auf die Lösung konkreter Problemstellungen der Automatisierungs- und Regelungstechnik. Im Speziellen sollen optimierungsbasierte Methoden und deren Anwendung zur Systemidentifikation, zum Steuerungs- und Regelungsentwurf und für die Schätzung nicht messbarer Systemgrößen (Beobachterentwurf) vermittelt werden.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, die in der automatisierungstechnischen Praxis auftretenden Optimierungsprobleme mathematisch zu formulieren, geeignete Lösungsmethoden auszuwählen und zu beurteilen und diese selbstständig umzusetzen. Besonderes Augenmerk wird neben dem praktischen Umgang mit den erworbenen Kenntnissen auf den Erwerb der Fähigkeit gelegt, sich weiterführende Konzepte und Verfahren der Optimierungstheorie im Bereich der Automatisierungs- und Regelungstechnik eigenständig anzueignen und anzuwenden. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

### Inhalte des Moduls

Nicht-parametrische und parametrische Identifikationsverfahren (Fourieranalyse ETFE, Least Squares mit und ohne stochastischer Störung), Modellstrukturen zur Identifikation (ARMA, ARX, ARMAX), Rekursive Least Squares (RLS) Verfahren, Least Mean Squares (LMS) Identifikation, optimale Schätzer (Gauß-Markov Schätzer, Minimum-Varianz Schätzer), optimaler Beobachterentwurf (Kalman-Filter), dynamische Programmierung nach Bellman, optimaler linearer Zustandsregler (LQR-Problem) mit finitem und infinitem Optimierungsintervall, optimale Ausgangsregelung (LQG-Problem), Statische Optimierung mit und ohne Beschränkungen, Liniensuchverfahren, Wahl der Suchrichtung (Gradientenmethode, Newton-Methode, Konjugierte Gradientenmethode, Quasi-Newton-Methode), KKT-Bedingungen, Methode der aktiven Beschränkungen, Gradienten-Projektionsmethode, Methode der Straf- und Barrierefunktionen, Sequentielle Quadratische Programmierung, Grundlagen der Variationsrechnung, dynamische Optimierung, Entwurf von Optimalsteuerungen, Minimumsprinzip von Pontryagin, verbrauchs-, energie- und zeitoptimale Steuerung.

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Der Inhalt der Lehrveranstaltungen Automatisierungstechnik sowie die erworbenen mathematischen Kenntnisse aus dem Bakkalaureat-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik werden vorausgesetzt.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Beherrschung der und Umgang mit den Methoden der Automatisierungstechnik sowie der höheren Mathematik aus dem Bakkalaureat-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik. Für das Labor Regelungssysteme 1 LU und die VU Optimierung wird der Umgang mit einschlägiger Standardsoftware wie Matlab/Simulink und Computeralgebra, wie sie in der Fachvertiefung Automatisierungstechnik im Bakkalaureat-Studium gelehrt wird, empfohlen.

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.



### **Angewandte 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 der VO Regelungssysteme 1 erfolgt mündlich, die Leistungsbeurteilung der VU Optimierung setzt sich aus einem Übungsteil sowie einer mündlichen Prüfung zusammen. Die Leistungsbeurteilung des Labors Regelungssysteme 1 LU setzt sich aus der Überprüfung der vorbereiteten Aufgaben, der Mitarbeit während des Praktikums sowie dem Ergebnis von mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen zusammen.

### **Lehrveranstaltungen des Moduls Optimale Systeme**

• VO Regelungssysteme 1	3,0 ECTS	2 Semesterwochenstunden
• LU Labor Regelungssysteme 1	1,5 ECTS	1 Semesterwochenstunden
• VU Optimierung	4,5 ECTS	3 Semesterwochenstunden

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Anhang Modulbeschreibungen: Wahlmodule aus der Telekommunikation

### Wahlmodul Advanced Signal Processing

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 für behandelte Themengebiete sind Parameterschätzung, Signaldetektion und Adaptive Signalverarbeitung.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

#### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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.

#### Inhalte des Moduls

**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 unbekannten Parametern (Unterraumdetektor, CFAR-Detektor).

#### Erwartete Vorkenntnisse

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

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Fähigkeit zum Verstehen von Problemen und Methoden der Signalverarbeitung.

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

#### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

#### Angewandte 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 Advanced Signal Processing**

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

Das Seminar sowie weitere Lehrveranstaltungen im Ausmaß von 6 ECTS sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Advanced Wireless Communications

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 selbstständig erarbeiten, in Zusammenarbeit mit Studierenden internationaler Partneruniversitäten.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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.

### Inhalte des Moduls

**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, Codecs, 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 Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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 für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

#### **Angewandte 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. Selbständig erarbeitete Seminarvorträge der Studierenden über hochentwickelte Methoden und Verfahren in der drahtlosen und mobilen Übertragungstechnik.

#### **Lehrveranstaltungen des Moduls Advanced Wireless Communications**

- |   |          |                         |
|---|----------|-------------------------|
| • VO Advanced Wireless Communications 1         | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Advanced Wireless Communications 2         | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Advanced Wireless Communications 3         | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO MIMO Communications                        | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • SE Seminar Wireless Communications            | 3,0 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |
| • SE Internationales Seminar Mobilkommunikation | 3,0 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |

Eines der beiden Seminare sowie zwei der anderen Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Network Security

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Kenntnisse zu Methoden zur Realisierung von Sicherheitsmaßnahmen in Kommunikationsnetzen, Konzepte der Kryptographie, Methoden der Anomalieerkennung.

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

### Inhalte des Moduls

**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 Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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 für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 Network Security**

- VU Network Security 3,0 ECTS 2,0 Semesterwochenstunden
- VU Network Security – Advanced Topics 3,0 ECTS 2,0 Semesterwochenstunden
- SE Communication Networks Seminar 3,0 ECTS 2,0 Semesterwochenstunden

Die Vorlesungen sowie das Seminar sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Advanced Digital Communications

Dieses Modul vermittelt vertiefende Kenntnisse in verschiedenen Teilgebieten der digitalen Übertragungstechnik mit einem deutlichen Praxisbezug. Beispiele für behandelte Themengebiete sind Mehrträger- und Mehrantennensysteme sowie Quellcodierung und Informationstheorie.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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.

### Inhalte des Moduls

**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, Vordcodierung 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 Codierv Verfahren, 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, paral-



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

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

#### **Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

#### **Angewandte 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 Advanced Digital Communications**

- |  |          |                         |
|--|----------|-------------------------|
| • VO Quellencodierung                                | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Drahtlose Mehrträgersysteme                     | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Mobile Digital Communications                   | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Information theory for communications engineers | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • SE Digital Communications Seminar                  | 3,0 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |

Das Seminar und Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 6 ECTS sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Advanced RF Techniques

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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. Durch gruppenorientiertes Arbeiten und Reflexion des erworbenen Wissens wird Sozialkompetenz vermittelt.

### Inhalte des Moduls

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

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

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

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* Erfahrungen im Umgang mit HF-Labormessgeräten und technischer Software.

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 Advanced RF Techniques**

- |                             |          |                         |
|-----------------------------|----------|-------------------------|
| • VU Advanced RF Techniques | 6,0 ECTS | 4 Semesterwochenstunden |
| • SE Seminar RF Techniques  | 3,0 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |

Die Vorlesung sowie das Seminar sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Advanced Photonics

Dieses Modul umfasst die theoretische und experimentelle, forschungsnahe Auseinandersetzung mit fortgeschrittenen Konzepten, Verfahren und Systemen der Photonik. Bearbeitung von aktuellen Forschungsthemen der Photonik, Kennenlernen von theoretischen Methoden, Modellen und experimentellen Verfahren sowie Technologien.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

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

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten 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.

### Inhalte des Moduls

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

### Erwartete Vorkenntnisse

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

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

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung

Individuelle, intensive Betreuung von Kleinstgruppen (2-3 Studierende); Diskussion von Literatursuche-Ergebnissen, Anleitung zur Simulation und experimentelle Umsetzung von photonischen Problemlösungen. Anleitung zur Präsentations- und Publikationstechnik.

### Lehrveranstaltungen des Moduls Advanced Photonics

- |                          |          |                           |
|--------------------------|----------|---------------------------|
| • VU Photonik-Vertiefung | 6,0 ECTS | 4,0 Semesterwochenstunden |
| • SE Seminar Photonik    | 3,0 ECTS | 2,5 Semesterwochenstunden |

Die Vorlesung sowie das Seminar sind verpflichtend zu absolvieren.

**Die folgenden Wahlmodule sind in Anlehnung an Module in anderen Studien der TU Wien definiert.**

### **Wahlmodul Betriebssysteme und Software Engineering Vertiefung**

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

#### **Bildungsziele**

*Fachliche und methodische Kenntnisse:*

Das Ziel dieser Vertiefungs-Lehrveranstaltungen ist es, tiefergehende Kenntnisse in Ergänzung zu den entsprechenden Grundlagen-LVAs zu geben.

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

#### **Inhalte des Moduls**

**Vorlesung Betriebssysteme und Software Engineering, Vertiefung:** In dieser LVA 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 Kenntnisse:* Kenntnisse aus dem Pflichtvertiefungsmodul Informatik für Elektrotechniker. Das erfolgreich abgeschlossene Vertiefungspflichtmodul Informatik für Elektrotechniker oder gleichwertige Kenntnisse werden erwartet.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Für die gewählten LVAs erforderliche Fertigkeiten.

#### **Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

#### **Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung**

Individuell nach den LVAs des Moduls.

#### **Lehrveranstaltungen des Moduls Betriebssysteme und Software Engineering Vertiefung**

- VU Betriebssysteme und Software Engineering, Vertiefung  
6,0 ECTS      4 Semesterwochenstunden
- SE Seminar Betriebssysteme und Software-Engineering  
3,0 ECTS      3 Semesterwochenstunden

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen – Vertiefung

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf Fragestellungen des IC-Entwurfs. Befähigung zur Leitung von IC-Entwicklungsprojekten sowie zur eigenständigen Entwicklung analoger integrierter Schaltungen und von ASICs.

### Inhalte des Moduls

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, Verifikations-sprachen, 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 Kenntnisse:* Analoge und digitale integrierte Schaltungstechnik, Funktion und Eigenschaften elektronischer Bauelemente, Halbleitertechnologie und Halbleiterphysik. Kenntnisse der Beschreibungssprache VHDL

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 Modul „Integrierte Digitale und Analoge Schaltungen - Vertiefung“

- |  |          |                         |
|--|----------|-------------------------|
| • VU Schaltungstechnik, Vertiefung       | 6,0 ECTS | 4 Semesterwochenstunden |
| • VU Schaltungstechnik, Vertiefung       | 6,0 ECTS | 4 Semesterwochenstunden |
| • SE Seminar Schaltungstechnik           | 3,0 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |
| • SE Seminar Schaltungstechnik           | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Optoelektr. integrierte Schaltungen | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |

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.

## Wahlmodul Smart Grids

Informations- und Kommunikationstechnik ist ein zentraler Bestandteil von intelligenten Energienetzen (Smart Grids). Das Modul vermittelt vertiefte Kenntnisse über Technologien und Hilfsmittel, die zum Verständnis, zur Entwicklung und zur weitergehenden wissenschaftlichen Beschäftigung mit Smart Grids und der Gestaltung von Energienetzen unter Einbeziehung von Informations- und Kommunikationstechnik notwendig sind.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Vertiefte Kenntnisse von Theorie und Praxis der unten genannten Themengebiete der Informations- und Kommunikationstechnik und der Technik intelligenter Energienetze, soweit sie für den anwendungsorientierten Einsatz und die technologische Weiterentwicklung relevant sind. Vertiefte Kenntnisse über physikalisch-mathematische und computertechnische Methoden zu unten genannten Themengebieten zum Lösen von Problemstellungen speziell für Fragestellungen intelligenter Energienetze und zum eigenständigen wissenschaftlichen Arbeiten an verbundenen Fragestellungen.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Durch Üben und selbständiges Arbeiten gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen für den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik in intelligenten Energienetzen und zur wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit neuen Erkenntnissen auf dem Gebiet.

### Inhalte des Moduls

Vertiefung der Themen: Anforderungen an intelligente Energienetze, Smart Grid-Konzepte und –Strukturen, Integration und IT-Aspekte von Elektromobilität, Regelung und Demand Side Management, Smart Metering, Netzbetrieb, Netzplanung und Netzanschlussbedingungen, Microgrids und virtuelle Kraftwerke, Datenschutz und Sicherheit, cyber-physical systems, Marktmechanismen und –applikationen, Netzregulierung.

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Bachelorstudium der Elektrotechnik und Informationstechnik, Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Energieversorgung, Pflichtmodul „IKT in Energienetzen“

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Fähigkeit zum eigenständigen Arbeiten an wissenschaftlichen Fragestellungen, Einarbeitung in wissenschaftliche Veröffentlichungen und Fähigkeit zum Verstehen, Zusammenfassen, Einordnen in den thematischen Kontext und Präsentieren.

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine Verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen. Durchführung eines Seminars.

### Lehrveranstaltungen des Moduls Smart Grids

- |                             |          |                         |
|-----------------------------|----------|-------------------------|
| • VU Smart Grids Vertiefung | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |
| • SE Seminar Smart Grids    | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Bauelemente und Systeme Vertiefung

Das Modul „*Bauelemente und Systeme – Vertiefung*“ umfasst 2 VUs und eine Laborübung. Es werden vertiefende Kenntnisse zu den physikalisch-technischen Grundlagen der Mess- und Wandlerprinzipien mikro- und nanotechnisch hergestellter Sensoren, Aktuatoren und daraus resultierender Systeme in Theorie und Praxis vermittelt. Aktuelle Forschungstendenzen auf diesen Gebieten bestimmen den Inhalt der Lehrveranstaltungen.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Vertiefende Kenntnisse auf den Gebieten ausgewählter Herstellungsverfahren und der Mess- und Wandlerprinzipien mikro- und nanomechanischer Sensoren, Aktuatoren und Systemen. Verständnis der zugrundeliegenden physikalisch-technischen Problemstellungen und die Vermittlung spezifischer Arbeitsmethoden zur Lösung einschlägiger Fragestellungen.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Kenntnisse über charakteristische Einschränkungen der vermittelten Herstellungsverfahren und deren diffizilen Abhängigkeiten befähigen zum Finden besonderer Lösungsstrategien und dienen zum Verständnis über komplexe Fertigungsabläufe. Kenntnisse über die physikalisch-technischen Grenzen einzelner Mess- und Wandlerprinzipien und deren Auswirkung auf gängige Anwendungsszenarien. Befähigung 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.

### Inhalte des Moduls

Einführung in das Gebiet von mikro- und nanotechnisch hergestellten Sensoren, Aktuatoren und Systemen zur Erfassung und Umsetzung physikalischer Größen, Diskussion von ausgewählten Herstellungsverfahren, Gesamtprozesse, Vermittlung physikalisch-technischer Grundlagen von Mess- und Wandlerprinzipien für mikro- u. nanomechanische Strukturen, analytische Beschreibung von sensorischen und aktorischen Bauelementen und Extraktion von bauelementerelevanten Parametern, moderne Anwendungsbeispiele von sensorischen und aktorischen Bauelementen und daraus resultierenden Systemen.

### Erwartete Vorkenntnisse

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

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Die Fähigkeit zum Verständnis aktueller Fragestellungen aus dem Bereich Mikrosensorik, Mikroaktorik und daraus resultierender Systeme.

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 Bauelemente und Systeme Vertiefung

- |                               |          |                         |
|-------------------------------|----------|-------------------------|
| • VU Sensorik                 | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • VO Aktorik                  | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |
| • UE Mikrosystemtechnik-Labor | 3,0 ECTS | 2 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.



## Wahlmodul Energiewirtschaft und Umwelt Vertiefung

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* 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 Fertigkeiten:* 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.

### Inhalte des Moduls

Vertiefende Analysen zu: Erneuerbaren, nuklearen, fossilen Energieträgern; Technologieinnovation, Forschung und Entwicklung; Energieeffizienz und rationelle Endnutzung; Heizenergieversorgung; Mobilität, Verkehr, Antriebskonzepte unter Umweltgesichtspunkten; Geschichte der Energiedienstleistungen; Klimawandel und –Schutz; Szenarien als Lösungsansatz sowie Energiemärkte.

### Erwartete Vorkenntnisse

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

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 Energiewirtschaft und Umwelt Vertiefung

- VU Energiewirtschaft und Umwelt Vertiefung 4,5 ECTS 3 Semesterwochenstunden
- SE Seminar Energiewirtschaft und Umwelt 4,5 ECTS 3 Semesterwochenstunden

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Energieversorgung

Das Modul vermittelt ein vertieftes Verständnis der Stoffgebiete der Module „Energiewandlung“ und „Energieübertragung“ sowie Grundlagen und praktische Kenntnisse in der Anwendung von Netzberechnungssoftware sowie der eigenständigen Analyse von stationären und dynamischen Vorgängen in Energiesystemen.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Erwerben eines tieferen Verständnisses über die Stoffgebiete der Module "Energiewandlung" und "Energieübertragung" sowie Praxis bei der Anwendung von Netzberechnungssoftware. Verstehen und Berechnen von Energieumwandlungssystemen (Kraftwerke), Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Energieumwandlung, Verstehen der Zuverlässigkeitsgrundlagen, Berechnung von Energieübertragungssystemen, Analyse von Störungsauswirkungen.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Durch Üben gewonnene Praxis im anwendungsorientierten Einsatz des Gelernten auf ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen in der Energieversorgung. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen zum Einsatz in Energiesystemen.

### Inhalte des Moduls

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 Kenntnisse:* Bachelorstudium der Elektrotechnik und Informationstechnik, Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Energieversorgung, Pflichtmodule „Energiewandlung“ und „Energieübertragung“

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte 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 und mündlich/schriftliche Ausarbeitung (Seminararbeit) der Hausaufgaben. Praktische Übungen mit Hilfe eines Netzberechnungsprogramms.

### Lehrveranstaltungen des Moduls Energieversorgung

- |                                    |          |                         |
|------------------------------------|----------|-------------------------|
| • VU Energieversorgung, Vertiefung | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |
| • SE Seminar Energieversorgung     | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Leistungselektronik und EMV

Das Modul ist eine Vertiefung zur Basisvorlesung „Leistungselektronik und Stromrichtertechnik“ (Pflichtmodul Automatisierungstechnik). Es ergänzt bzw. vertieft den Stoff der Basisvorlesung in Richtung elektronischer Stromversorgungen (AC/DC-Konverter), Pulswechselrichter sowie aktiver Gleichrichter. Ein Schwerpunkt liegt auch in der EMV-Problematik, die für Entwurf und Realisierung leistungselektronischer Schaltungen und Systeme von großer Wichtigkeit ist.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Kenntnisse über theoretische Grundlagen, relevante Analyse- und Konstruktionsverfahren sowie den praxisgerechten Entwurf von leistungselektronischen Energiewandlern (Konverter bzw. Umrichter). Ergänzung des Stoffes der Pflichtvorlesung aus Leistungselektronik in Richtung Stromversorgungen mit Gleichspannungsausgang speziell zur Versorgung von Computern, Telekom-Einrichtungen, industriellen Steuerungen, Medizinelektronik. Vertiefung der Kenntnisse auf dem Gebiet leistungselektronischer Schaltungen besonders für Wechselrichter und aktive Gleichrichter einschließlich des Betriebsverhaltens bzw. der Beschaltung abschaltbarer Halbleiterventile und ihrer Anwendung in leistungselektronischen Schaltungen. Kenntnisse aus dem Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) bzw. der Netzrückwirkungen von leistungselektronischen Geräten und Systemen.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Grundlegende Kenntnisse der Lösung ingenieurwissenschaftlicher Probleme bei der Konzeption leistungselektronischer Systeme und Geräte. Befähigung zum eigenständigen Erarbeiten neuartiger Lösungen zur leistungselektronischen Energieumformung inklusive der Realisierung von Prototypen mit zugehöriger Messtechnik.

### Inhalte des Moduls

Topologien und Schaltungsstrukturen für leistungselektronische Konverter (inkl. Pulsumrichter und aktive Gleichrichter) und Schaltnetzteile (Standardstrukturen bzw. resonante Konverter). Methoden zur Berechnung der Bauteilbelastungen bzw. der Konverterkennwerte für den stationären Betrieb. Grundprinzipien, Eigenschaften und Betriebsverhalten gängiger Halbleiterventile (Dioden, MOSFETs, IGBTs). Ansteuerstufen und Ansteuerproblematik für abschaltbare Halbleiterventile. Passive Bauteile bzw. Filter für leistungselektronische Konverter (Kondensatoren, Induktivitäten, (Hf-) Transformatoren). Verschaltungs- und Kühlungstechniken; Grundlagen der dynamischen Eigenschaften und der Regelung leistungselektronischer Konverter. Normen und Vorschriftenwesen (sicherheitsrelevant bzw. hinsichtlich EMV) für leistungselektronische Systeme mit zugehöriger Mess- und Prüftechnik. Praktischer Aufbau, Inbetriebsetzung und Test von Converttern. Numerische Simulation mit einschlägiger Simulationssoftware.

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Bachelorstudium der Elektrotechnik und Informationstechnik, Grundlagen der Leistungselektronik.

Abgeschlossener Besuch der Pflichtvorlesung „Leistungselektronik und Stromrichtertechnik“ empfohlen.

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

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung

Vortrag über die theoretischen Grundlagen und die prinzipielle Analysemethodik für 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 und an praktischen Aufbauten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls Leistungselektronik und EMV**

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

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Antriebstechnik Vertiefung

Das Wahlmodul Antriebstechnik Vertiefung benützt den Stoff der Pflichtlehrveranstaltung „Elektrische Antriebe“, um konkrete Antriebsaufgaben zu lösen. Dabei wird auf die praktische Anwendung großer Wert gelegt. Ziel des Wahlmoduls ist die konkrete Umsetzung eines Antriebsproblems in eine Lösung.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Kenntnisse des praktischen Aufbaus von elektrischen Antrieben. Kenntnisse über das Zusammenwirken von Leistungselektronik, elektrischen Maschinen und deren Steuerungen. Kenntnisse über die Auslegung von antriebstechnischen Regelkreisen. Anwendung der Kenntnisse des transienten Verhaltens elektrischer Maschinen in Antriebssteuer- und Regelverfahren (feldorientierte Konzepte).

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Auslegung von elektrischen Antrieben unter Einbindung leistungselektronischer und informationselektronischer Komponenten. Auswahl geeigneter Komponenten zum Lösen praktischer Antriebsaufgaben. Aufbau und Test von Antriebssystemen.

### Inhalte des Moduls

Anhand von konkreten Antriebsaufgaben aus der Praxis werden Lösungswege entwickelt. Die Komponenten des Antriebs (elektrische Maschine, Leistungselektronik, Steuerungselektronik) werden dimensioniert und gegebenenfalls aufgebaut. Auf Basis von Signalprozessoren werden Regelalgorithmen entworfen und in Echtzeit getestet.

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:*

Kenntnisse des Inhalts der VU Elektrische Maschinen und Antriebe aus dem Bachelorstudium, grundlegende Kenntnisse aus elektrischer Antriebstechnik, Grundkenntnisse über die Funktionsweise von Leistungselektronik und Signalprozessoren sowie Kenntnisse über Identifikation und Auslegung von Regelkreisen werden erwartet.

Empfohlen wird die Absolvierung der VU Elektrische Antriebe aus dem Masterstudium.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Fähigkeit zur Anwendung von theoretischem Wissen auf den Gebieten Antriebstechnik, Regelungstechnik und Leistungselektronik sowie Echtzeit-Softwaresystemen. Auswählen von geeigneten elektrischen Maschinen und Regelstrukturen zum Lösen von Antriebsaufgaben. Beurteilung des stationären und dynamischen Verhaltens der verschiedenen elektrischen Maschinen im Zusammenwirken mit Stromrichtern.

### Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung

Entwerfen von Lösungen zu gestellten Antriebsproblemen, teilweise in Gruppenarbeit. Erstellung von Zeitplänen zur Umsetzung der Antriebsaufgabe. Erstellung von Zwischenprotokollen über erreichte Teilziele.

### Lehrveranstaltungen des Moduls Antriebstechnik Vertiefung

- |                                  |          |                         |
|----------------------------------|----------|-------------------------|
| • VU Antriebstechnik, Vertiefung | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |
| • SE Seminar Antriebstechnik     | 4,5 ECTS | 3 Semesterwochenstunden |

Alle Lehrveranstaltungen sind verpflichtend zu absolvieren.

## Wahlmodul Modellierung und Regelung Vertiefung

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.

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### Bildungsziele des Moduls

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung eines tiefgehenden Verständnisses sowie der zugehörigen Methoden zur fortgeschrittenen mathematischen Modellierung komplexer dynamischer Systeme unterschiedlicher physikalischer Domänen basierend auf den Grundgesetzen der Physik. Im Weiteren werden moderne Methoden des linearen und nichtlinearen modellbasierten Regler- und Beobachterentwurfes sowie fundiertes Grundlagenwissen für den Steuerungs-, Regelungs- und Beobachterentwurf dynamischer verteilt-parametrischer Systeme vermittelt und auf konkrete Problemstellungen angewandt.

*Kognitive und praktische Fertigkeiten:* Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, für komplexe industrielle Systeme selbstständig abstrahierte mathematische Modelle zu erstellen, die die grundlegenden dynamischen Eigenschaften abbilden und die wesentlichen Nichtlinearitäten erfassen. Diese mathematischen Modelle sollen die Grundlage für die Systemanalyse, die Identifikation, den Regelungs- und Beobachterentwurf sowie die Systemoptimierung bilden. Basierend auf der mathematischen Formulierung komplexer Regelstrecken sollen die Studierenden die Fähigkeit erwerben, Beschränkungen der Stell- und Zustandsgrößen systematisch zu erfassen und darauf aufbauend echtzeitfähige modellbasierte Regelungen für dynamische Systeme mit finitem und infinitem Zustand mathematisch zu formulieren, geeignete Lösungsmethoden auszuwählen und zu beurteilen und diese selbstständig umzusetzen und anzuwenden.

### Inhalte des Moduls

Ausgewählte Themen der mathematischen Modellierung komplexer dynamischer Systeme unterschiedlicher physikalischer Domänen (pneumatische, hydraulische Antriebssysteme, thermodynamische Prozesse, Temperaturregelstrecken mit Wärmestrahlung, elektromagnetische Linearantriebe, gekoppelte mechanische Strukturen, Netzwerke, etc). Ausgewählte Themen der linearen und nichtlinearen modellbasierten Regelung, der adaptiven nichtlinearen Regelung und des Beobachterentwurfes für finit- und infinit-dimensionale Systeme sowie geeigneter Algorithmen und Methoden der Echtzeitoptimierung. Anwendung der vorgestellten Methoden auf konkrete praktische Fragestellungen unter Zuhilfenahme moderner Softwarewerkzeuge.

### Erwartete Vorkenntnisse

*Fachliche und methodische Kenntnisse:* Der Inhalt der Lehrveranstaltungen Automatisierungstechnik, Signale und Systeme 1 und 2, sowie die erworbenen mathematischen Kenntnisse aus dem Bakkalaureat-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik werden vorausgesetzt. Im Weiteren wird für die VU Fortgeschrittene Methoden der nichtlinearen Regelung der parallele Besuch der VU Optimierung sowie die Kenntnisse der VO Regelungssysteme 2 empfohlen.

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

### **Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

Keine verpflichtenden Voraussetzungen.

### **Angewandte 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 Modellierung und Regelung Vertiefung**

- VU Fortgeschrittene Methoden der Modellbildung  
4,5 ECTS      3 Semesterwochenstunden
- VU Fortgeschrittene Methoden der nichtlinearen Regelung  
4,5 ECTS      3 Semesterwochenstunden
- VU Regelung verteilt-parametrischer Systeme  
4,5 ECTS      3 Semesterwochenstunden

Es sind zwei der drei angeführten Lehrveranstaltungen verpflichtend zu absolvieren.

## **Modul Freie Wahlfächer und Transferable Skills**

**Regelarbeitsaufwand für das Modul (ECTS-Credits):**

**9,0 ECTS**

### **Bildungsziele des Moduls**

Die oder der Studierende wählt im Rahmen dieses Moduls nach unten angeführten Kriterien individuell Lehrveranstaltungen aus dem Bereich Elektrotechnik oder anderer Studienrichtungen.

Das Modul dient der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen. Insbesondere wird empfohlen, innerhalb dieses Moduls Fremdsprachenkompetenzen zu erwerben und Lehrveranstaltungen mit Gender-relevanten Themen zu absolvieren.

### **Inhalte des Moduls**

Abhängig vom gewählten Thema der Lehrveranstaltungen

### **Erwartete Vorkenntnisse**

Abhängig vom gewählten Thema der Lehrveranstaltungen

### **Verpflichtende Voraussetzungen für das Modul sowie für einzelne Lehrveranstaltungen des Moduls**

Abhängig vom gewählten Thema der Lehrveranstaltungen

### **Angewandte Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung**

Abhängig vom gewählten Thema der Lehrveranstaltungen

### **Lehrveranstaltungen des Moduls**

~~Es sind Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 4,5 ECTS aus dem Katalog über „Fachübergreifende Lehrveranstaltungen“ zu wählen oder frei wählbare Lehrveranstaltungen anerkannter in- oder ausländischer postsekundärer Bildungseinrichtungen, sofern sie vom Studienrechtlichen Organ zur Vermittlung von fachübergreifenden Qualifikationen anerkannt werden, zu absolvieren.~~

~~Der auf 9 ECTS noch fehlende Umfang an ECTS ist aus zur Vermittlung allgemeiner wissenschaftlicher Bildung geeigneter Lehrveranstaltungen anerkannter in- oder ausländischer postsekundärer Bildungseinrichtungen zu wählen.~~

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.



## Anhang: Lehrveranstaltungstypen

**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.

**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 (Universitätslehrerinnen und -lehrer sowie Tutorinnen und Tutoren) zu lösen. Übungen können auch mit Computerunterstützung durchgeführt werden.

**LU:** Laborübungen sind Lehrveranstaltungen, in denen Studierende in Gruppen unter Anleitung von Betreuerinnen und Betreuern 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.

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

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

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

## Anhang: Zusammenfassung aller verpflichtenden Voraussetzungen im Studium

Es werden keine abgeschlossenen Lehrveranstaltungen, jedoch die benötigten Inhalte vorausgesetzt.

## Anhang: Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

*Beispiel für einen Studienplan (Modulgruppe 1)*

### **1. Semester Masterstudium Telecommunications (WS)**

Signal Processing 1 (4,5 ECTS)

Signal Processing 2 (4,5 ECTS)

Communication Networks 1 (4,5 ECTS)

RF Techniques (6 ECTS)

Photonics 2 (2,5 ECTS)

Optical Communications (3,5 ECTS)

Freie Wahlfächer und Transferable Skills (4,5 ECTS)

*Summe 30 ECTS*

### **2. Semester Masterstudium Telecommunications (SS)**

Wireless Communications 1 (6 ECTS)

Laboratory Wireless Communications or Wireless Communication 2 (3 ECTS)

Communication Networks 2 (4,5 ECTS)

Digital Communications 1 (4,5 ECTS)

Laboratory RF Techniques (3 ECTS)

Optical Systems (3 ECTS)

Wahlvorlesungsblock 1 (6 ECTS)

*Summe: 30 ECTS*

### **3. Semester Masterstudium Telecommunications (WS)**

Digital Communications 2 (4,5 ECTS)

Seminar Wahlblock 1 (3 ECTS)

Wahlvorlesungsblock 2 (6 ECTS)

Seminar Wahlblock 2 (3 ECTS)

Wahlvorlesungsblock 3 (6 ECTS)

Seminar Wahlblock 3 (3 ECTS)

Freie Wahlfächer und Transferable Skills (4,5 ECTS)

*Summe: 30 ECTS*

### **4. Semester Masterstudium Telecommunications (SS)**

Diplomarbeit (30 ECTS)