



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

Bachelor

**Master**

Doktorat

Universitäts-  
lehrgang

Studienplan (Curriculum)  
für das  
Masterstudium  
**Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme**  
**UE 066 503**

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

Gültig ab 1. Oktober 2022

# Inhaltsverzeichnis

1. Grundlage und Geltungsbereich	3
2. Qualifikationsprofil	3
3. Dauer und Umfang	5
4. Zulassung zum Masterstudium	5
5. Aufbau des Studiums	6
6. Lehrveranstaltungen	13
7. Prüfungsordnung	13
8. Studierbarkeit und Mobilität	14
9. Diplomarbeit	15
10. Akademischer Grad	15
11. Qualitätsmanagement	15
12. Inkrafttreten	16
13. Übergangsbestimmungen	16
A. Modulbeschreibungen	17
B. Lehrveranstaltungstypen	53
C. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen	54
D. Semesterempfehlung für schiefeinsteigende Studierende	58
E. Prüfungsfächer mit den zugeordneten Pflichtmodulen und Lehrveranstaltungen	62

# 1. Grundlage und Geltungsbereich

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

## 2. Qualifikationsprofil

Das Masterstudium *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* vermittelt eine vertiefte, wissenschaftlich und methodisch hochwertige, auf dauerhaftes Wissen ausgerichtete Ausbildung, welche den Absolventinnen und Absolventen sowohl den Weg für eine wissenschaftlich-technische Weiterqualifizierung – etwa im Rahmen eines fach-einschlägigen Doktoratsstudiums – eröffnet als auch für eine Tätigkeit in Industrie und Wirtschaft befähigt und international wettbewerbsfähig macht.

Die hochwertige Ausbildung im Rahmen des Masterstudiums *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* bildet eine breite Basis für eine einschlägige Berufstätigkeit ohne lange Einarbeitungszeit und für die nachhaltige berufliche Weiterentwicklung, wobei beispielhaft folgende Berufsprofile angeführt seien:

- Führung und eigenverantwortliche Mitarbeit bei der Entwicklung und Projektierung von Einzelkomponenten bis zu Gesamtlösungen für elektrische Energiesysteme;
- Analyse und Modellierung der Transformation zu einem nachhaltigen CO<sub>2</sub>-neutralen Energiesystem;
- Entwicklung und Anwendung von Technologien zur regenerativen Energiewandlung und ihrer Integration in nachhaltige und digitale Energiesysteme unter Einbeziehung technischer, ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte;
- Eigenverantwortliche hochwertige Tätigkeiten im Bereich der Konzeptionierung, Planung und Umsetzung von Anlagen der Energiewandlung, -übertragung und -verteilung;
- Entwicklung, Optimierung und Anwendung von elektrischen Maschinen und der Leistungselektronik in elektrischen Energiesystemen;
- Entwicklung, Projektierung und Anwendung von elektrischen Antriebssystemen;
- Eigenverantwortliche Tätigkeiten im Bereich von Smart Grids und Stromversorgungsnetzen der Zukunft;
- Beratung und Analyse auf allen energieökonomischen, -ökologischen und klimarelevanten Themenfeldern;
- Eigenständige methodenorientierte wissenschaftliche Forschungstätigkeit an Universitäten, Forschungszentren und in der Industrie;
- Mitarbeit in interdisziplinären Projekt- und Entwicklungsteams.

Im Masterstudium *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* erlangen die Studierenden ein tiefgehendes Verständnis der technischen und naturwissenschaftlichen Zusammenhänge in der elektrischen Energietechnik basierend auf dem Stand der Wissenschaft und Technik. Im Speziellen werden die Studierenden auf eine umfassende Problemlösungskompetenz und den Anspruch eines ganzheitlichen “Systemdenkens” zur Erfassung komplexer Zusammenhänge ausgebildet. Die Studierenden können sich vertiefende Methodenkompetenz und Fachwissen auf den Gebieten der nachhaltigen Energiebereitstellung, der intelligenten Energieübertragung und -verteilung, der effizienten Energienutzung, der Energiewirtschaft, der elektrischen Antriebstechnik, den elektrischen Maschinen und der Leistungselektronik aneignen. Mit dem Abschluss dieses Masterstudiums beherrschen die Studierenden wissenschaftliche Grundlagen und Methoden, verfügen so über eine gute Ausgangsbasis für eine weitere berufliche Tätigkeit, aber auch für eine weiterführende Qualifikation im Rahmen eines fachnahen Doktoratsstudiums.

Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt.

**Fachliche und methodische Kompetenzen** Im Masterstudium *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* erlangen die Studierenden ein tiefgehendes Verständnis der technischen und naturwissenschaftlichen Zusammenhänge von Energiesystemen und deren Wechselwirkungen basierend auf dem Stand der Wissenschaft und Technik. Im Speziellen werden die Studierenden auf eine umfassende Problemlösungskompetenz und den Anspruch eines ganzheitlichen “Systemdenkens” zur Erfassung komplexer Zusammenhänge ausgebildet. Die Studierenden können sich ein umfassendes Systemverständnis und vertiefte Fachkenntnisse über die nachhaltige Energiebereitstellung, intelligente Energieübertragung und -verteilung, effiziente Energienutzung, die Energiewirtschaft, der elektrischen Antriebstechnik, den elektrischen Maschinen und der Leistungselektronik aneignen. Sie beherrschen wissenschaftliche Grundlagen und Methoden, verfügen so über eine gute Ausgangsbasis für eine weitere berufliche Tätigkeit, aber auch für eine weiterführende Qualifikation im Rahmen eines fachnahen Doktoratsstudiums.

**Kognitive und praktische Kompetenzen** Die Absolvent\_innen des Masterstudiums *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* haben als Generalist\_innen die Fähigkeit, anspruchsvolle Aufgaben in ihrem Fachgebiet einschließlich angrenzender interdisziplinärer Fachgebiete wissenschaftlich zu analysieren, formal zu beschreiben und optimierte Lösungen im Hinblick auf eine Betrachtung des Gesamtsystems zu entwickeln. Sie sind darin geübt, mit angemessenen Methoden unter Einbeziehung moderner, ingenieurwissenschaftlicher Entwurfs- und Analyse-Software sowie unter Berücksichtigung internationaler technischer Standards und Empfehlungen innovative Lösungen in einem interdisziplinären Kontext zu erarbeiten. Sie haben im Rahmen ihres Studiums bereits wissenschaftliche Arbeiten verfasst und verfügen so über die Befähigung zur selbstständigen wissenschaftlichen Arbeit. Sie sind in der Lage, sich die Informationen und Kenntnisse zu verschaffen, die zum Einstieg in eine neue Technik oder in verwandte Wissenschaftsdisziplinen notwendig sind. Sie können neue Entwicklungen in ihr Wissensschema einord-

nen, kritisch bewerten und sind in der Lage sich in neue Wissensbereiche einzuarbeiten. Sie haben gelernt, Ergebnisse ihrer Arbeit zu dokumentieren, zu präsentieren und zu kommunizieren.

**Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen** Absolvent\_innen des Masterstudiums *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* können ihre Ideen wirkungsvoll mit zeitgemäßen Mitteln umsetzen und zeichnen sich durch Zielstrebigkeit sowie eine ergebnisorientierte Herangehensweise aus. Sie haben bereits praktische Erfahrung in der Teamarbeit gesammelt. 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 *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* beträgt 120 ECTS-Punkte. Dies entspricht einer vorgesehenen Studierendauer von 4 Semestern als Vollzeitstudium.

ECTS-Punkte (ECTS) sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden. Ein Studienjahr umfasst 60 ECTS-Punkte, wobei ein ECTS-Punkt 25 Arbeitsstunden entspricht (gemäß § 54 Abs. 2 UG).

### 4. Zulassung zum Masterstudium

Die Zulassung zum Masterstudium *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums oder eines anderen fachlich in Frage kommenden Studiums mindestens desselben hochschulischen Bildungsniveaus an einer anerkannten inländischen oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus. Fachlich in Frage kommend sind jedenfalls das Bachelorstudium *Elektrotechnik* an der Technischen Universität Wien und das Bachelorstudium *Elektrotechnik* an der Technischen Universität Graz.

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

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

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

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

## 5. Aufbau des Studiums

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

### Prüfungsfächer und zugehörige Module

Das Masterstudium *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* gliedert sich in nachstehende Prüfungsfächer mit den ihnen zugeordneten Modulen.

Neben den Grundlagen-Pflichtmodulen *Antriebe und Stromrichter*, *Energiewandlung und -übertragung* sowie *Energiewirtschaft* ist eine der vier Vertiefungen mit deren jeweils drei Modulgruppen zu wählen. Abhängig von der gewählten Vertiefung müssen alle drei Module der entsprechenden Modulgruppe absolviert werden. Die gewählte Vertiefung ist überdies auf dem Abschlusszeugnis auszuweisen.

Zusätzlich müssen im Rahmen des Prüfungsfaches drei weitere Module absolviert werden, wobei diese aus der Liste der Module in den nicht gewählten Vertiefungen sowie aus der Liste der Wahlmodule gewählt werden können. Enthalten mehrere Wahlmodule eine gleiche Lehrveranstaltung, so kann nur eines von diesen gewählt werden. Einzelne Lehrveranstaltungen aus den nicht gewählten Modulen können für das Modul „Freie Wahlfächer“ gewählt werden. Schließlich muss das Modul *Freie Wahlfächer und Transferable Skills* verpflichtend absolviert werden.

### Grundlagen in elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme (27,0 ECTS)

Antriebe und Stromrichter (9,0 ECTS)

Energiewandlung und -übertragung (9,0 ECTS)

Energiewirtschaft (9,0 ECTS)

### Vertiefungen

Aus den folgenden vier Prüfungsfächern ist eines als *Vertiefung* zu wählen.

### Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme (27,0 ECTS)

Antriebe und Stromrichter - Praxis (9,0 ECTS)

Stromversorgungsnetze - Praxis (9,0 ECTS)

Smart Grids aus Netzperspektive (9,0 ECTS)

### **Effiziente Antriebe (27,0 ECTS)**

Antriebe und Stromrichter - Praxis (9,0 ECTS)

Antriebe – Vertiefung (9,0 ECTS)

Elektrische Maschinen (9,0 ECTS)

### **Energiewirtschaft (27,0 ECTS)**

Energienetze und Anwendungen (9,0 ECTS)

Energieökonomie und Umwelt (9,0 ECTS)

Elektromobilität (9,0 ECTS)

### **Elektromobilität (27,0 ECTS)**

Antriebe und Maschinen – Praxis (9,0 ECTS)

Leistungselektronik (9,0 ECTS)

Elektromobilität (9,0 ECTS)

### **Spezialisierung in elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme (27,0 ECTS)**

In diesem Prüfungsfach sind drei Module zu jeweils 9,0 ECTS zu absolvieren, die aus der Liste der Module in den nicht gewählten Vertiefungen sowie aus der folgenden Liste der Wahlmodule gewählt werden können.

#### **Wahlmodule**

Drehstromantriebe (9,0 ECTS)

Energieversorgung Vertiefung (9,0 ECTS)

Geregelte Antriebe (9,0 ECTS)

Hochdrehende elektrische Antriebe (9,0 ECTS)

Informationstechnik in Smart Grids (9,0 ECTS)

Maschinenentwurf (9,0 ECTS)

Mechatronische Systeme (9,0 ECTS)

Modellierung von Energie- und Umweltsystemen (9,0 ECTS)

Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung (9,0 ECTS)

Optimale Systeme (9,0 ECTS)

Traktionsantriebssysteme (9,0 ECTS)

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

Freie Wahlfächer und Transferable Skills (9,0 ECTS)

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

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

Siehe Abschnitt 9.

## **Kurzbeschreibung der Module**

Dieser Abschnitt charakterisiert die Module des Masterstudiums *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* in Kürze. Eine ausführliche Beschreibung ist in Anhang A zu finden.

**Antriebe und Maschinen – Praxis (9,0 ECTS)** Dieses Modul behandelt die Vertiefung und praktische Umsetzung der theoretisch behandelten Aufbauten und Betriebsweisen der elektrischen Maschinen (Gleichstrommaschine, Asynchronmaschine, Synchronmaschine) und Transformatoren sowie speziell den hochdynamischen Betrieb von Drehfeldmaschinen im Rahmen von vertiefenden Betrachtungen, Rechenübungen und Laborübungen.

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

**Antriebe und Stromrichter - Praxis (9,0 ECTS)** Dieses Modul behandelt die Vertiefung und praktische Umsetzung der theoretisch behandelten Aufbauten und Betriebsweisen der elektrischen Maschinen (Gleichstrommaschine, Asynchronmaschine, Synchronmaschine) und Transformatoren sowie Komponenten der Leistungselektronik im Rahmen von vertiefenden Betrachtungen, Rechenübungen und Laborübungen.

**Antriebe – Vertiefung (9,0 ECTS)** Dieses Modul vertieft die im Modul “Antriebe und Stromrichter” theoretisch behandelten Grundlagen der elektrischen Antriebe anhand von ausgewählten Anwendungsfällen und antriebstechnischen Themen. Dabei

werden vorzugsweise im Rahmen von kleinen Gruppen spezielle Fragen im Detail betrachtet, beginnend bei Literaturrecherche, Entwurf, Simulation und gegebenenfalls bis zum Aufbau eines speziellen Antriebs.

**Drehstromantriebe (9,0 ECTS)** Das Modul Drehstromantriebe vertieft die in den Pflichtlehrveranstaltungen erarbeiteten theoretischen Grundlagen der elektrischen Maschinen, Antriebe und Stromrichter im Hinblick auf die hochdynamische Regelung von Synchron- und Asynchronmaschinen. Dabei werden im Labor Echtzeitsteuerungen an Synchron- und Asynchronmaschinen implementiert und die Antriebe identifiziert, Regelungen (Drehmoment, Drehzahl, Position) entworfen, programmiert und das Verhalten der Antriebe vermessen und optimiert. Im Rahmen des Seminars werden vertiefende Aufgabenstellungen der Drehstromantriebstechnik behandelt und die Ergebnisse in einem Bericht zusammengefasst.

**Elektrische Maschinen (9,0 ECTS)** In Fortführung der Inhalte der Pflichtlehrveranstaltungen werden das Verhalten von Leistungstransformatoren und Drehfeld-Maschinen an unsymmetrischen Netzen, die unterschiedlichen Ausführungen von Ganzloch- und Bruchloch-Drehfeldwicklungen im Hinblick auf die Antriebstechnik und auch die Großmaschinen sowie die Auswirkungen von Unter/Oberwellen und Oberschwingungen in elektrischen Maschinen im Hinblick auf die Umrichterspeisung beschrieben. Weiters werden die grundlegenden Gesichtspunkte für eine Auslegung der verschiedenen elektrischen Maschinen sowie Berechnungsverfahren der einzelnen Maschinentypen zur Ermittlung der Hauptabmessungen und der wesentlichen Kenngrößen und Kennlinien theoretisch und insbesondere an praktisch ausgeführten Maschinen diskutiert.

**Elektromobilität (9,0 ECTS)** Das Modul Elektromobilität vermittelt für den Verkehrssektor die Zusammenhänge zwischen der Energienutzung und den resultierenden Auswirkungen auf die Umwelt – global durch Triebhausgasemissionen, lokal durch Schadstoffemissionen – mit speziellem Fokus auf elektrischen Fahrzeugen. Darüber hinaus werden schadstoff- und CO<sub>2</sub>-arme Antriebe der Elektromobilität, die erneuerbare Energieträger nutzen, im Vergleich zu konventionellen Antrieben energetisch, ökonomisch und ökologisch präsentiert und diskutiert. Schließlich werden die Grundlagen für das Erstellen und Anwenden ergänzender eigenständiger Analysen erarbeitet.

**Energienetze und Anwendungen (9,0 ECTS)** Das Modul Energienetze und Anwendungen vermittelt ein vertieftes Verständnis der Energienetze in liberalisierten Energiemärkten aus energiewirtschaftlicher Sicht, insbesondere die Notwendigkeit der Regulierung von Netzen, die Anforderungen an den operativen Netzbetrieb und die Weiterentwicklung der Netzinfrastruktur. Da durch die zunehmende Kopplung von Energiemärkten, Energienetzen und Energiesektoren die Portfolios der technologischen Optionen der Bereitstellung von Energiedienstleistungen stark erhöht werden, spielt die Analyse der Synergien bzw. Konkurrenz zwischen Energienetzen und Energieträgern eine wichtige Rolle. Es werden die Grundlagen für die Durchführung eigenständiger und praxisnaher Analysen erarbeitet.

**Energieökonomie und Umwelt (9,0 ECTS)** Das Modul Energieökonomie und Umwelt vermittelt die Zusammenhänge zwischen der Energienutzung und den resultierenden

Auswirkungen auf die Umwelt – global durch Treibhausgasemissionen, lokal durch Schadstoffemissionen. Darüber hinaus wird die Bedeutung zunehmend erneuerbarer Energiesysteme aus ökonomischer und ökologischer Sicht präsentiert und diskutiert. Schließlich werden die Grundlagen für das Erstellen und Anwenden entsprechender Modelle und ergänzender eigenständiger Analysen erarbeitet.

**Energieversorgung Vertiefung (9,0 ECTS)** Das Modul Energieversorgung Vertiefung vermittelt ein vertieftes Verständnis der Stoffgebiete des Moduls Energiewandlung und -übertragung sowie Grundlagen und praktische Kenntnisse in der Anwendung von Netzberechnungssoftware sowie der eigenständigen Analyse von stationären und dynamischen Vorgängen in Energiesystemen.

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

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

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

**Geregelte Antriebe (9,0 ECTS)** Dieses Modul bildet eine Erweiterung der theoretischen und mathematischen Grundlagen von Drehstrommaschinen hin zu geregelten hochdynamischen Antrieben. Es beinhaltet das Zusammenwirken von Maschinen und Umrichtern in unterschiedlichen Konfigurationen. Ausgehend von den Grundgleichungen werden zunächst einfache Antriebskonzepte mittels Matlab simuliert. Am Beispiel zweier komplexer Antriebskonfigurationen werden schließlich die typischen Probleme bei der praktischen Umsetzung behandelt und es erfolgt eine schrittweise Identifikation und Inbetriebnahme der einzelnen Regelkreise an realen Laborantrieben.

**Hochdrehende elektrische Antriebe (9,0 ECTS)** Ziel dieses Moduls ist das Erwerben von grundlegenden Kenntnissen zur Beschreibung, Analyse und Stabilisierung hochdrehender rotierender Maschinen. Die zugehörigen Lehrveranstaltungen umfassen wesentliche Grundlagen zur Starrkörperdynamik und Rotordynamik sowie zur Stabilisierung von Rotoren durch Magnetlager. Aufbauend auf diesen Grundlagen werden numerische Methoden zur Modellierung und Analyse rotordynamischer Problemstellungen vermittelt. Im Rahmen einer Simulations- bzw. Laborübung werden die gelehrteten theoretischen Kenntnisse der Vorlesungen an praxisnahen Systemen angewendet.

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

**Leistungselektronik (9,0 ECTS)** Dieses Modul dient der Vertiefung leistungselektronischer Grundkompetenzen hinsichtlich Entwurf und Auslegung leistungselektronischer Konverter und Systeme unter Einbeziehung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Es werden vertiefende Kenntnisse leistungselektronischer Topologien, Bauelemente, Ansteuer-, Regel- und Filterkreise wie auch einschlägiger Dimensionierungs- und Simulationsmethoden vermittelt. Im Rahmen des Seminars besteht die Möglichkeit einer praxisnahen Umsetzung und/oder theoretischer bzw. simulationstechnischer Detailbetrachtungen leistungselektronischer Problemstellungen.

**Maschinenentwurf (9,0 ECTS)** In Fortführung der Inhalte der Pflichtlehrveranstaltungen wird eine Einführung in die Finite Elemente Methode zur Berechnung von elektromagnetischen Feldern mit den speziellen Anforderungen und Lösungsmethoden für elektrische Maschinen gegeben. Dabei wird verstärkt auf die Multiphysik eingegangen, insbesondere die Kopplungen zur Thermodynamik und zur Strukturmechanik. Weiters werden unterstützt durch praktische Fallbeispiele die verschiedenen Methoden zur Ermittlung der wesentlichen Parameter wie Verkettungsflüsse, Induktivitäten und des elektromagnetischen Drehmoments beschrieben. Ergänzend sollen die Studierenden Detailfragen des Maschinenentwurfs kennenlernen, welche insbesondere nur durch numerische Methoden entsprechend den heutigen Anforderungen beherrscht werden.

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

**Modellierung von Energie- und Umweltsystemen (9,0 ECTS)** Das Modul Modellierung von Energie- und Umweltsystemen behandelt nicht nur die Theorie und analytischen Zusammenhänge in der Energie- und Umweltsystemanalyse, sondern auch die Entwicklung von Source-Code zur Modellierung von einfachen praxisnahen Fragestellungen. Die Wahl der geeigneten Modellierungswerkzeuge und Vereinfachungen insbesondere bei nichtlinearen und dynamischen Systemen spielt dabei eine große Rolle. Ein weiterer Fokus liegt darin, die Vorteile von Open-Source-Software/Daten zu verstehen, Open-Source-Tools und -Lizenzen zu nutzen und mit den verschiedenen Datenformaten zu arbeiten, um Energie- und Umweltsystemmodelle zu entwickeln. Es werden die Grundlagen für die Durchführung eigenständiger und praxisnaher Analysen erarbeitet.

**Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung (9,0 ECTS)** Das Modul *Nicht-*

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

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

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

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

**Traktionsantriebssysteme (9,0 ECTS)** Dieses Modul bietet eine Einführung in die Traktionsantriebe von Schienen- sowie Straßenfahrzeugen und beinhaltet auch die Grundlagen der Elektromobilität. Die Themen umfassen Architektur und Entwurf von Antriebssystemen samt deren Komponenten wie Energieversorgung und Energiespeicher, Wechselrichter bzw. Umrichter, elektrische Antriebsmaschinen sowie weiter Getriebe, Rad/Schienen- bzw. Rad/Straßenkontakt, Lade- und Steckersysteme, technischer und wirtschaftlicher Vergleich mit derzeitigen Antrieben mit Verbrennungskraftmaschinen, Vorteile bei der CO<sub>2</sub>-Emission.

## 6. Lehrveranstaltungen

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

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

## 7. Prüfungsordnung

Der positive Abschluss des Masterstudiums erfordert:

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

Das Abschlusszeugnis beinhaltet

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

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

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

Zusätzlich können zur Erhöhung der Studierbarkeit Gesamtprüfungen zu Lehrveranstaltungen mit immanentem Prüfungscharakter angeboten werden, wobei diese wie ein Prüfungstermin für eine Vorlesung abgehalten werden müssen und § 15 (6) des *Studienrechtlichen Teils der Satzung der Technischen Universität Wien* hier nicht anwendbar ist.

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

## 8. Studierbarkeit und Mobilität

Studierende des Masterstudiums *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* sollen ihr Studium mit angemessenem Aufwand in der dafür vorgesehenen Zeit abschließen können.

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

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

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

## 9. Diplomarbeit

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

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

## 10. Akademischer Grad

Den Absolvent\_innen des Masterstudiums *Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme* wird der akademische Grad „Diplom-Ingenieur“/„Diplom-Ingenieurin“ – abgekürzt „Dipl.-Ing.“ oder „DI“ (international vergleichbar mit „Master of Science“) – verliehen.

## 11. Qualitätsmanagement

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

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

Um die Qualität der Studien zu gewährleisten, werden der Fortschritt bei Planung, Entwicklung und Sicherung aller sechs Qualitätsziele getrennt erhoben und publiziert. Die Qualitätssicherung überprüft die Erreichung der sechs Qualitätsziele. Zur Messung

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

## **12. Inkrafttreten**

Dieser Studienplan tritt mit 1. Oktober 2022 in Kraft.

## **13. Übergangsbestimmungen**

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

## A. Modulbeschreibungen

Die den Modulen zugeordneten Lehrveranstaltungen werden in folgender Form angeführt:

9,9/9,9 XX Titel der Lehrveranstaltung

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

### Antriebe und Maschinen – Praxis

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

#### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung der Lehrveranstaltungen sind Studierende in der Lage, das theoretische Wissen auf dem Sektor elektrische Maschinen, Antriebe und hochdynamischer Antriebsregelung in praktischen Aufbauten umzusetzen und zu gegebenen antriebstechnischen und leistungselektronischen Aufgabenstellungen praktische Aufbauten grob auszulegen, aufzubauen und zu betreiben.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, das theoretische Wissen im praktischen Versuch umzusetzen und Entwurfs- und Analyseaufgaben aus dem Bereich der Antriebstechnik und der Leistungselektronik praktisch zu lösen.

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

**Inhalt:** Rechen- und Laborübungen zu bzw. an elektrischen Maschinen (Gleichstrommaschine, Asynchronmaschine, Synchronmaschine) und Transformatoren sowie zu hochdynamischen PM-Synchronantrieben.

#### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Beherrschung des theoretischen Stoffes (Lehrveranstaltungen “Maschinen und Antriebe”, “VU Elektrische Antriebe”, VO “Elektrische Maschinen” oder gleichwertige Lehrveranstaltungen) sowie grundlegenden Kennt-

nisse der Regelungstechnik, Umgang mit gefährlichen Spannungen und rotierenden Maschinen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Umsetzung von theoretischen Aufgabenstellungen aus dem Bereich elektrische Maschinen, Antriebe, Transformatoren und hochdynamischer Antriebsregelung in praktischen Aufbauten.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** VO “Maschinen und Antriebe” oder VU “Elektrische Antriebe” bzw. gleichwertige Lehrveranstaltungen, um Eigen- und auch Fremdgefährdung während der Laborteile der Lehrveranstaltungen zu unterbinden.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Lösen von Beispielen zum Betrieb elektrischer Maschinen im Rahmen eines Rechenübungsteils, Leistungsnachweis über Kolloquien als Voraussetzung zur Zulassung zu den praktischen Laboraufbauten, Durchführung von Aufbauten und Messungen im Labor einschließlich Auswertungen und Protokollierung. Laufende Beurteilung der Mitarbeit in den praktischen Teilen der Lehrveranstaltungen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 UE Labor Elektrische Antriebe

3,0/2,0 LU Hochdynamisch betriebene PM-Synchronmaschinen

## **Antriebe und Stromrichter**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung der Lehrveranstaltung sind Studierende in der Lage, die Prinzipien der Energiewandlung in elektrischen Maschinen, das Betriebsverhalten sowie den Aufbau elektrischer Antriebe und Maschinen erläutern und diskutieren zu können sowie die Zeitzeiger- und Raumzeigerrechnung anwenden zu können. Sie können Transformatoren, Asynchronmaschinen und Synchronmaschinen im stationären und transienten Betriebsverhalten beschreiben und betreiben sowie die unterschiedlichen Ausführungsformen und Funktionsweisen von Ankerwicklungen wie auch die Grundformen von netz- und selbstgeführten Stromrichterschaltungen verstehen.

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Themen sowie Illustration der Anwendung derselben an Beispielen. Selbständiges Rechnen von Beispielen zwecks Selbstkontrolle über das Verständnis des theoretischen Stoffs. Schriftliche (typischerweise Rechenbeispiele) und mündliche (typischerweise Diskussion über physikalische Zusammenhänge) Verständnisfragen zum Stoff.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Elektrische Antriebe

3,0/2,0 VO Elektrische Maschinen

3,0/2,0 VU Leistungselektronik und Stromrichtertechnik

## **Antriebe und Stromrichter - Praxis**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung der Lehrveranstaltung sind Studierende in der Lage, das theoretische Wissen auf dem Sektor elektrische Maschinen, Antriebe und Leistungselektronik in praktischen Aufbauten umzusetzen und zu gegebenen antriebstechnischen und leistungselektronischen Aufgabenstellungen Lösungen zu finden.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, das theoretische Wissen im praktischen Versuch umzusetzen und Entwurfs- und Analyseaufgaben aus den Bereichen der Antriebstechnik und der Leistungselektronik praktisch zu lösen.

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

**Inhalt:** Rechen- und Laborübungen zu bzw. an elektrischen Maschinen (Gleichstrommaschine, Asynchronmaschine, Synchronmaschine) und Transformatoren sowie Komponenten der Leistungselektronik.

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Beherrschung des theoretischen Stoffes (Lehrveranstaltungen VU “Maschinen und Antriebe”, VU “Elektrische Antriebe”, VO “Elektrische Maschinen” oder gleichwertige Lehrveranstaltungen) sowie der grundlegenden Lehrveranstaltungen zur Leistungselektronik. Umgang mit gefährlichen Spannungen und rotierenden Maschinen, Arbeiten in Teams, Kommunikationsfähigkeit, Zeitmanagement.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Umsetzung von theoretischen Aufgabenstellungen aus dem Bereich elektrische Maschinen, Antriebe, Transformatoren und Leistungselektronik in praktischen Aufbauten.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** VO “Maschinen und Antriebe” oder VU “Elektrische Antriebe” bzw. gleichwertige LVAs, um eine Eigen- und Fremdgefährdung während der Laborteile der Lehrveranstaltungen zu unterbinden.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Lösen von Beispielen zum Betrieb elektrischer Maschinen im Rahmen eines Rechenübungsteils, Leistungsnachweis über Kolloquien als Voraussetzung zur Zulassung zu den prak-

tischen Laboraufbauten, Durchführung von Aufbauten und Messungen im Labor einschließlich Auswertungen und Protokollierung. Laufende Beurteilung der Mitarbeit in den praktischen Teilen der Lehrveranstaltungen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 UE Labor Elektrische Antriebe

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

## **Antriebe – Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Interaktives Arbeiten in Gruppen, regelmäßige Diskussion in der Gruppe und Planung der nächsten Schritte. Begleitendes Dokumentieren der Vorgangsweise und der erreichten Teilziele. Kritische Reflexion der Vorgangsweise und der Ergebnisse. Begleitende Mitarbeitsbewertung sowie Erstellen einer ausführlichen Dokumentation. Präsentationen gegen Ende der Lehrveranstaltungen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Antriebstechnik, Vertiefung

4,5/3,0 SE Seminar Antriebstechnik

## **Drehstromantriebe**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung der Lehrveranstaltungen sind Studierende in der Lage, das theoretische Wissen auf dem Sektor Drehstromantriebe und hochdynamischer Antriebsregelung in vertiefenden Seminaren und in praktischen Laboraufbauten umzusetzen und zu gegebenen antriebstechnischen, speziell hochdynamischen, Aufgabenstellungen praktische Aufbauten grob auszulegen, aufzubauen und zu betreiben.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, das theoretische Wissen über elektrische Maschinen im praktischen Versuch umzusetzen und Entwurfs- und Analyseaufgaben aus dem Bereich der Drehstromantriebstechnik praktisch zu lösen.

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

**Inhalt:** Seminar und Laborübungen zu bzw. an Drehstromantrieben auf Basis von Asynchronmaschinen und permanentmagneterregten Synchronmaschinen. Auslegung hochdynamischer Drehstromantriebe unter Anwendung von feldorientierten Regelverfahren einschließlich der praktischen Implementierung. Vertiefte Untersuchungen auf dem Sektor der Drehstromantriebstechnik.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Beherrschung des theoretischen Stoffes (VU “Maschinen und Antriebe” und VU “Elektrische Antriebe” oder gleichwertige Lehrveranstaltungen) sowie der grundlegenden Kenntnisse der Regelungstechnik.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Laborerfahrung aus dem Bereich elektrische Maschinen und Antriebe.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Bewertung und Identifikation von gegebenen Aufbauten von Drehstromantrieben, Auslegung von hochdynamischen Regelungen, Implementierung auf einem Prozessorsystem in Echtzeit, Dokumentation von Auslegung und Messungen, vertiefende Untersuchung von Fragen der Drehstromantriebstechnik einschließlich Dokumentation. Laufende Beurteilung der Mitarbeit in den praktischen Teilen der Lehrveranstaltungen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 LU Aufbau hochdynamischer Drehstromantriebe

3,0/2,0 LU Hochdynamisch betriebene Asynchronmaschinen

3,0/2,0 SE Drehstromantriebe-Seminar

**Elektrische Maschinen**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung eines tiefergehenden Verständnisses zum stationären und transienten Betriebsverhalten elektrischer Maschinen im Betrieb an Mehrphasennetzen als auch im Betrieb am Stromrichter sowie der Kenntnisse über Auslegung und Dimensionierung elektrischer Maschinen bis zu einem Erstentwurf, welcher wichtige charakteristische Parameter, lastunabhängige und lastabhängige Verluste sowie Leistungs- und Energiewirkungsgrade beinhaltet.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sollen die Fähigkeiten zu einem tiefergehenden Verständnis zum stationären und transienten Betriebsverhalten elektrischer Maschinen sowie die Kenntnisse über Auslegung und Dimensionierung elektrischer Maschinen erwerben, wie diese im praktischen Einsatz in der elektrischen Antriebstechnik sowie in den elektrischen Energiesystemen notwendig sind.

*Soziale Kompetenzen und Selbstkompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls sind Studierende in der Lage: Alleine und in Gruppen Fragestellungen aus dem Fachgebiet dieses Moduls zu analysieren und dafür Lösungen zu erarbeiten; Analytisch, methodisch, lösungs- und gestaltungsorientiert zu denken; Ihr eigenes Handeln und die eigenen Fähigkeiten zu reflektieren sowie die Folgen ihres Handelns in fachlicher, ethischer und

ökologischer Hinsicht abzuschätzen; Selbstverantwortlich und wissenschaftlich zu arbeiten; Im Fachbereich dieses Moduls Wissen zu vermitteln, zu beraten, in interdisziplinären Teams effizient zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren und wirksam zu präsentieren; Ihre Kompetenzen auf dem jeweils aktuellen Stand des Fachwissens zu halten.

**Inhalt:** Das Modul beinhaltet als Vertiefung zu den Pflichtlehrveranstaltungen ausgewählte Themen zum stationären und transienten Betriebsverhalten elektrischer Maschinen sowie Grundzüge der Auslegung und Dimensionierung von elektrischen Maschinen, wie den Betrieb von Drehfeldmaschinen an unsymmetrischen Mehrphasennetzen, die Unterschiede zwischen spannungs- und stromgesteuerten Betriebsweisen an Stromrichtern, die vertiefende Behandlung der unterschiedlichen Ausführungen von Ankerwicklungen, grundsätzliche Gesichtspunkte für die Dimensionierung, Wachstumsgesetze unter Einbeziehung der elektromagnetischen, thermischen und mechanischen Grenzen, Entwurf und Gestaltung des magnetischen Kreises, Erstentwurf bis zu den wichtigsten charakteristischen Parametern, lastunabhängigen und lastabhängigen Verlusten, sowie Leistungs- und Energiewirkungsgrade, Auswirkungen der Stromrichterspeisung auf Auslegung und Dimensionierung.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Gute Kenntnisse aus Grundlagen der Elektrotechnik und Elektrodynamik sowie den Pflichtlehrveranstaltungen über elektrische Maschinen, elektrische Antriebstechnik und Leistungselektronik.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Abstraktionsfähigkeit und Beherrschung und Fähigkeit zur Anwendung der Methoden und Inhalte der Pflichtlehrveranstaltungen in den Gebieten Elektrodynamik, elektrische Maschinen, Antriebstechnik und Leistungselektronik.

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über ausgewählte Themen zum stationären und transienten Betriebsverhalten elektrischer Maschinen sowie der Grundzüge der Auslegung und Dimensionierung von elektrischen Maschinen. Exkursionen zu einschlägigen Industriebetrieben mit dem Zweck, insbesondere das praktische Wissen zu erweitern und einen Einblick in die industriellen Fertigungsprozesse zu erlangen. Leistungsbeurteilung über inhaltsbezogene Abschlusspräsentationen bzw. Seminararbeiten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Elektrische Maschinen, Vertiefung

4,5/3,0 SE Elektrische Maschinen, Seminar

## **Elektromobilität**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

nen die Studierenden Transportsysteme in Bezug auf die Versorgung mit verschiedenen Energieträgern vor allem basierend auf Strom aus ökologischer aber auch ökonomischer Sicht eigenständig analysieren. Sie haben aus diesen Sichtweisen ein tieferes Verständnis für Aspekte der weiteren Integration der Elektromobilität in das Transportsystem.

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

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

**Inhalt:** Historische Entwicklungen im Verkehrssektor; Allgemeine Fragen der E-Mobilität; Ökonomische und ökologische Analyse von alternativen Kraftstoffen und alternativen Antriebstechnologien; Diskussion wichtiger Verkehrsindikatoren; Antriebskonzepte für Elektrofahrzeuge; Antriebskonzepte für Hybridfahrzeuge; Elektrochemische Energieumwandlungs- und -speicherungssysteme (Batterien, Brennstoffzellen, Elektrolysezellen, Superkondensatoren u.a.); Eigenschaften dieser Systeme und Erklärung dieser Eigenschaften aus den Grundprinzipien elektrochemischer Thermodynamik und Kinetik; Politische Ziele und energiepolitische Maßnahmen im Verkehr; Langfristige Verkehrsszenarien.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Präsentationen über die theoretischen Grundlagen der Elektromobilität aus technischer und ökonomischer Sicht sowie Illustration der Anwendung derselben an (ggf. projektbezogenen) Beispielen. Die Leistungsbeurteilung erfolgt durch schriftliche Prüfung mit Theoriefragen und einfachen Rechenbeispielen, ggf. mit zusätzlicher mündlicher Prüfung nach bereits erfolgreicher schriftlicher Prüfung.

### **Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Energy Economics in Transport

3,0/2,0 VO Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung

3,0/2,0 VO Elektrische Straßenfahrzeuge und Elektromobilität

## **Energienetze und Anwendungen**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können die Studierenden die Bedeutung der Energienetze aus energiewirtschaftlicher Sicht in liberalisierten Energiemärkten erklären und Maßnahmen der Weiterentwicklung der Energienetze bzw. Kopplung von Energiemärkten auf einfache Rechenbeispiele anwenden. Sie haben ein tieferes Verständnis für die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Energiesektoren bei der Bereitstellung von Energiedienstleistungen bzw. der jeweiligen Umweltauswirkungen und können diese sowohl qualitativ beschreiben als auch quantitativ anhand einfacher Anwendungsbeispiele verifizieren. Sie sind schließlich imstande, die einzelnen Infrastrukturkomponenten, Energietechnologien und Energieträger im gesamten Energiesystem deren Rolle und Bedeutung entsprechend einzuordnen.

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

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

**Inhalt:** Rolle der Energienetze in liberalisierten Energiemärkten; Notwendigkeit der Regulierung von Energienetzen; Übertragungsnetze-Strom: Anforderungen, Aufgaben, Anwendungsbeispiele; Übertragungsnetze-Gas: Anforderungen, Aufgaben, Anwendungsbeispiele; Verteilnetze für Strom, Gas, Wärme und Kälte: Anforderungen, Aufgaben, Anwendungsbeispiele; Kopplung von Energienetzen, Energiemärkten und Sektoren; Synergien bzw. Konkurrenz in gekoppelten Energiesystemen; Aktuelle Entwicklungen in zunehmend dekarbonisierten Energiesystemen (z.B. Wasserstoffnetze); Ausgewähltes Anwendungsbeispiel vor dem Hintergrund der Dekarbonisierung der Energiesysteme und den definierten Klimazielen.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Präsentation der theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Methoden der oben genannten Inhalte sowie Illustration der Anwendung derselben an (ggf. projektbezogenen) Beispielen. Interaktive Diskussion und gemeinsame Entwicklung von Hausaufgaben, die schriftlich auszuarbeiten sind. Des Weiteren Entwicklung einfacher Source-Codes zur Analyse einfacher praxisnaher Anwendungsbeispiele. Ergänzende mündliche Erörterung der Ausarbeitungen als weitere Möglichkeit der Leistungsbeurteilung.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Ökonomie der Energienetze

4,5/3,0 VU Selected Topics in Energy Economics and Environment

**Energieökonomie und Umwelt**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Energy Systems and Climate Change

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

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

## **Energieversorgung Vertiefung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Energieversorgung, Vertiefung

4,5/3,0 SE Seminar Energieversorgung

## Energiewandlung und -übertragung

Regelarbeitsaufwand: 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung des Moduls können Studierende die grundlegenden Zusammenhänge und Gleichungen der Thermodynamik auf theoretische und praktisch umsetzbare Kreisprozesse anwenden und in Kraftwerken umgesetzte thermodynamische Kreisprozesse berechnen. Sie können technische Umsetzungen der Kraft-Wärme-Kopplung in thermischen Kraftwerken und Grundlagen und Maßnahmen zur Emissionsminderung und zum Umweltschutz beschreiben. Sie können Schutzkonzepte für Anlagen der Energiewandlung und der Energieübertragung und Verteilung beschreiben und die wesentlichen Vorgänge beim Auftreten von Fehlern in elektrischen Netzen in Abhängigkeit von der Sternpunktbehandlung berechnen. Sie können die Technologien zur Nutzung der Wasserkraft, Photovoltaik und Windkraft im elektrischen Energiesystem beschreiben und berechnen.

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

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

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

### Erwartete Vorkenntnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, Physik, Grundlagen der Elektrotechnik und Energieversorgung eines gängigen

Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt. Empfehlenswert sind darüber hinaus Kenntnisse der Thermodynamik und im Umgang mit symmetrischen Komponenten.

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Kraftwerke

3,0/2,0 VU Regenerative Energiesysteme

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

## **Energiewirtschaft**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Energieökonomie

4,5/3,0 VU Energiemodelle und Analysen

**Freie Wahlfächer und Transferable Skills**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

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

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

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

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

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

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

## **Geregelte Antriebe**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse zur mathematischen Beschreibung von Umrichtern und Maschinen, zur Analyse moderner Antriebsaufgaben, zum praktischen Aufbau von Regelungen mit Synchronmaschinen sowie einfach und doppeltgespeisten Asynchronmaschinen, zur Lösung von praktischen Problemstellungen bei der verkoppelten Regelung von Drehzahl, Position, Wirk- und Blindleistung.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, Modelle zu entwickeln und zu verifizieren. Sie können komplexe antriebstechnische Aufgabestellungen wie sie in modernen Anlagen auftreten analysieren und in weiterer Folge, ausgehend von den grundlegenden Sensorsignalen, schrittweise identifizieren, in Betrieb setzen, so wie an praktischen Aufbauten verifizieren.

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

**Inhalt:** Moderne raumzeigerbasierte Regelungsverfahren unterschiedlicher Drehstrommaschinen, Simulation der elektrischen und mechanischen Systeme, Spezifikation und

Auswahl der notwendigen Sensorik, praktischer Aufbau der Gesamtsysteme, schrittweise Systemidentifikation, Optimierung, Validierung.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Fundierte Kenntnisse zu Funktion sowie mathematischer Beschreibung von Drehstrommaschinen mittels Raumzeigern. Inhalte der UE Antriebe oder gleichwertiger Lehrveranstaltungen. Kenntnisse der Messtechnik an Umrichtern und Maschinen sowie der Signalverarbeitung.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Abstraktionsfähigkeit und Verständnis einfacher messtechnischer Fragestellungen; Programmierkenntnisse unter Matlab/Simulink sowie Bedienung von Labview, Kenntnisse bei der Umsetzung von mathematischen Algorithmen zur Signalverarbeitung.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** UE "Labor Elektrische Antriebe" (um die Sicherheit bei der praktischen Umsetzung an realen Antrieben zu gewährleisten).

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Präsentation der theoretischen und mathematischen Grundlagen; individuelle Aufgabenstellungen; Unterstützung und Kontrolle bei Analyse und Simulation vollständiger Antriebsaufgaben; praktische Messungen an realen Anlagen zur Umsetzung und Verifikation des Gelernten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Simulation elektrischer Maschinen und Antriebe

3,0/2,0 LU Positionierantriebe

3,0/2,0 LU Doppelt gespeiste Asynchronmaschinen - Windgeneratoren

## **Hochdrehende elektrische Antriebe**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Dieses Modul vermittelt grundlegende Kenntnisse im Bereich der Starrkörperdynamik und Rotordynamik. Des Weiteren werden Kenntnisse zur Auslegung, Stabilisierung und Analyse von magnetgelagerten Rotoren erarbeitet. Aufbauend auf diesen Grundlagen werden numerische Methoden zur Modellierung und Analyse rotordynamischer Problemstellungen vermittelt.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, rotordynamische Problemstellungen zu analysieren und Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln. Aufbauend auf den theoretischen Kenntnissen werden numerische Methoden für komplexe Rotor-Strukturen vermittelt. Die erworbenen theoretischen und numerischen Fähigkeiten werden für den Anwendungsbereich der magnetischen Lagerung ausgebaut und vertieft.

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

**Inhalt:** Wiederholung wichtiger Aspekte der Punktkinematik und Punktkinetik, Starrkörperdynamik, Kreiseltheorie, Grundlagen der Rotordynamik, Einführung in die Balkentheorie und der Finiten Elemente Methode, Numerische Modellierung und Analyse einfacher Kontinuumsrotoren, Einführung in die Magnetlagertechnologie, Aufbau und Auslegung aktiver Magnetlagersysteme, Regelungsmethoden für Magnetlageranwendungen, Stabilisierung von hochdrehenden Rotoren, sensorlose Regelung aktiver Magnetlager. Im Rahmen der Übung wird der theoretische Stoff anhand von Simulationsübungen und Laborversuchen vertieft.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Grundlagen der Punktkinetik und Punktkinematik, Grundlagen der Regelungstechnik, Grundlagen der Elektrotechnik und Kenntnisse der Mathematik gemäß dem Inhalt des Bachelorstudiums Elektrotechnik und Informationstechnik an der TU Wien.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Erfahrung im Umgang mit Matlab/Simulink, Fähigkeit zur Anwendung der theoretischen Konzepte an praktischen Fragestellungen.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen der oben genannten Kapitel. Anwendung der theoretischen Grundlagen an abstrakten und praxisnahen Aufgabenstellungen u.a. mit Hilfe moderner Software-Werkzeuge. Die Leistungsbeurteilung erfolgt über mündliche Prüfungen zum Vorlesungsstoff, selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen und der Mitarbeit und Befragung während der Laborübungen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

- 4,0/3,0 VO Dynamik rotierender Maschinen
- 3,0/2,0 VO Magnetlagertechnologie
- 2,0/1,0 LU Magnetlagertechnologie

## Informationstechnik in Smart Grids

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

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

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

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

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

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

Folien- und Tafelunterstützung. Diese werden durch praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse in Übungen vertieft.

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

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

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

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

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

6,0/4,0 PR Praktikum Smart Grids

## **Leistungselektronik**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

#### **Lernergebnisse:**

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

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und die prinzipielle Analysemethodik für oben genannte Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Schriftliche Prüfung mit Rechenbeispielen und Theoriefragen, Seminararbeit. Einüben des Gelernten durch selbstständiges Lösen von Übungsbeispielen sowie an praktischen Aufbauten.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

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

## Maschinenentwurf

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung eines tiefergehenden Verständnisses zum stationären und transienten Betriebsverhalten elektrischer Maschinen im Betrieb an Mehrphasennetzen als auch im Betrieb am Stromrichter sowie der theoretischen und praktischen Kenntnisse über die Methoden der numerischen Feldberechnung im Anwendungsgebiet elektrische Maschinen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sollen die Fähigkeiten zu einem tiefergehenden Verständnis zum stationären und transienten Betriebsverhalten elektrischer Maschinen sowie die theoretischen und praktischen Kenntnisse zur Anwendung der Methoden der numerischen Feldberechnung im Anwendungsgebiet elektrische Maschinen erwerben, wie diese im praktischen Einsatz in der elektrischen Antriebstechnik sowie in den elektrischen Energiesystemen notwendig sind.

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

**Inhalt:** Das Modul beinhaltet als Vertiefung zu den Pflichtlehrveranstaltungen ausgewählte Themen zum stationären und transienten Betriebsverhalten elektrischer Maschinen sowie eine theoretische und praktische Einführung über Methoden und Einsatz der numerischen Feldberechnung im Anwendungsgebiet elektrische Maschinen, wie Einfluss der Maschinenparameter auf den Betrieb am Stromrichter, Unterschiede der Bauarten von Drehfeldmaschinen für den Betrieb am Stromrichter, Übersicht und Vergleich der Methoden zur numerischen Feldberechnung, Einführung in die Methode der Finiten Elemente aus der Sicht der Elektrodynamik sowie der numerischen Mathematik, Knoten- und Kantenelemente, adaptive Netzgenerierung und Ansatzfunktionen höherer Ordnung, Methoden für elektromagnetisch-mechanisch und elektromagnetisch-thermisch gekoppelte Problemstellungen, Methoden für die Modellierung elektrischer Maschinen, Modellierung der elektromagnetischen Materialeigenschaften, Ermittlung der Parameter elektrischer Maschinen, praktische Durchführung von Finiten Elemente Analysen für ausgewählte Aufgaben bei elektrischen Maschinen.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Gute Kenntnisse aus Grundlagen der Elektrotechnik und Elektrodynamik sowie den Pflichtlehrveranstaltungen über elektrische Maschinen, elektrische Antriebstechnik und Leistungselektronik.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Beherrschung und Fähigkeit zur Anwendung der Methoden und Inhalte der Pflichtlehrveranstaltungen in den Gebieten Elektrodynamik, elektrische Maschinen, Antriebstechnik und Leistungselektronik. Weiters gute Kenntnisse in Englisch, Vorlesung und Übung zur numerischen Feldberechnung werden in englischer Sprache abgehalten.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über ausgewählte Themen im Bereich elektrische Maschinen sowie über die Methoden zur numerischen Feldberechnung und praktische Übungen zur numerischen Feldberechnung im Anwendungsgebiet elektrische Maschinen. Leistungsbeurteilung über inhaltsbezogene Abschlusspräsentationen bzw. Seminararbeiten sowie ausgearbeitete praktische Aufgaben.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Elektrische Sonder- und Kleinmaschinen

3,0/2,0 VU Numerische Analyse elektrischer Maschinen und Geräte

3,0/2,0 UE Numerische Analyse elektrischer Maschinen

**Mechatronische Systeme**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

#### **Inhalt:**

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

- Anwendung sämtlicher Methoden an konkreten Laborversuchen unter Verwendung moderner Softwarewerkzeuge und mechatronischer Systeme

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Empfohlen werden die Beherrschung und der Umgang mit den wichtigsten Methoden aus den Grundlagenfächern Mathematik, Systemtheorie, Regelungstechnik, Antriebe, Elektronik und Messtechnik eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften. Erfahrungen mit Matlab/Simulink sind wünschenswert. Gute Beherrschung der englischen Sprache wird vorausgesetzt, da die Unterlagen in Englisch verfasst sind und die Vorlesung in englischer Sprache gehalten wird.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

6,0/4,0 VU Mechatronische Systeme

3,0/2,0 LU Labor Mechatronische Systeme

**Modellierung von Energie- und Umweltsystemen**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Nach positiver Absolvierung dieses Moduls können die Studierenden die Funktionsweise und einzelne Komponenten zunehmend erneuerbarer Energiesysteme erklären und eigene Source Codes für einfache Anwendungs-

beispiele entwickeln. Studierende sind zudem in der Lage, die Vorteile von Open-Source-Software/Daten zu verstehen, Open-Source-Tools und -Lizenzen zu nutzen und mit unterschiedlichen Datenformation zu arbeiten, um Energiesystemmodelle zu entwickeln. Sie sind befähigt, die Grundkonzepte von Umweltrisiken zu verstehen, Prozesse des Klimawandels zu erklären, Methoden zur Quantifizierung klimabedingter Veränderungen in der Modellierung anzuwenden und schließlich Klimafolgen auf Basis von empirischen Analysen im Grundsatz einzuschätzen.

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

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

**Inhalt:** Einführung in die Modellierung von einfachen linearen, gemischt-ganzzahligen, nichtlinearen und dynamischen Optimierungsproblemen; Kurz- und langfristige Kraftwerkseinsatzoptimierung eines Pumpspeicherkraftwerkes im österreichischen Stromsystem (nichtlineares Optimierungsproblem); Grundprinzipien der Open-Source- und kollaborativen wissenschaftlichen Programmierung in der Energie- und Umweltsystemmodellierung; Umweltrisikomanagement und Prozesse des Klimawandels; Methoden zur Quantifizierung klimabedingter Veränderungen; Bewertungsmodelle für die Quantifizierung von Energieszenarien, Dekarbonisierungspfaden, Systemübergängen und Auswirkungen von energie-, umwelt- und klimapolitischen Maßnahmen; Open Source Tools/Packages zur Visualisierung und Analyse von integrierten Bewertungsszenarien; Anwendung und Weiterentwicklung des Open Source IAMFs (Integrated Assessment Modeling Frameworks) MESSAGEix auf nationaler Ebene; Erweiterung von MESSAGEix auf nationaler Ebene zu einem integrierten Bewertungsmodell inklusive Berücksichtigung von Landnutzung und Landwirtschaft, Wassernutzung und andere Aspekte der nachhaltigen Entwicklung.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Fähigkeit zum Verstehen angewandter Fragestel-

lungen der Ingenieurwissenschaft und der Energie- bzw. Umweltökonomie.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Präsentation der theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Methoden der oben genannten Inhalte sowie Illustration der Anwendung derselben an (ggf. projektbezogenen) Beispielen. Interaktive Diskussion und gemeinsame Entwicklung von praxisnahen Fallbeispielen (Homeworks), für die einfache Source Codes zu entwickeln sind bzw. bestehende Open-Source Energiesystemmodelle/Datenformate weiterzuentwickeln sind. Ergänzend dazu schriftliche Ausarbeitungen von einfachen Anwendungsbeispielen bzw. mündliche Erörterung der Ausarbeitungen als weitere Möglichkeit der Leistungsbeurteilung.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VU Open Source Energy System Modelling

3,0/2,0 VU Elektrizitäts- und Wasserwirtschaft

3,0/2,0 VU Modellierung dynamischer Umweltsysteme

## **Nichtlineare dynamische Systeme und Regelung**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, die in der Automatisierungstechnischen Praxis und bei robotischen Systemen auftretenden Fragestellungen nichtlinearer dynamischer Systeme mathematisch zu formulieren, geeignete Analyse- und Lösungsmethoden auszuwählen und zu beurteilen, diese selbstständig umzusetzen sowie deren Auswirkung hinsichtlich sozialer und ökologischer Aspekte abzuwägen. Im Weiteren haben die Studierenden nach positiver Absolvierung dieses Moduls ein grundlegendes Verständnis für komplexe Zusammenhänge und die Auswirkung von Nichtlinearitäten in dynamischen Systemen und Prozessen. Sie erwerben auch die Fähigkeit, sich weiterführende Konzepte und Verfahren der nichtlinearen Systemtheorie und Regelungstechnik eigenständig anzueignen und anzuwenden.

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

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

### **Inhalt:**

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

### **Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Inhalte aus den Grundlagenfächern Mathematik, System- und Signaltheorie, Regelungstechnik und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien werden vorausgesetzt. Im Weiteren wird die Beherrschung der Methoden aus dem Modul Grundlagen Robotik und Regelungstechnik, insbesondere die Absolvierung der LU Regelungssysteme und der Übungen der VU Grundlagen der Robotik, für die LU Nichtlineare Dynamische Systeme empfohlen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Beherrschung der und Umgang mit den Methoden der Grundlagenfächer Mathematik, System- und Signaltheorie, Regelungstechnik und Softwareentwicklung eines gängigen Bachelor-Studiums der Ingenieurwissenschaften auf einem vergleichbaren Niveau zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen aus dem Bachelor-Studium Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Wien. Erfahrungen mit Matlab/Simulink sowie einem Computeralgebraprogramm sind wünschenswert.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag und Diskussion über die methodischen Grundlagen der oben genannten Inhalte mit Folien- und Tafelunterstützung sowie praktische Umsetzung der theoretischen Kenntnisse anhand von konkreten Laborversuchen mit Hilfe moderner Softwarewerkzeuge und

Automatisierungssysteme. Die Leistungsbeurteilung der VO Nichtlineare Dynamische Systeme und Regelung erfolgt mündlich, die Leistungsbeurteilung der LU Nichtlineare Dynamische Systeme und Regelung setzt sich aus der Überprüfung der vorbereiteten Aufgaben, der Mitarbeit während der Praktikumsübungen sowie dem Ergebnis von möglichen mündlichen und/oder schriftlichen Teilprüfungen zusammen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

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

## **Optimale Systeme**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

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

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

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

**Inhalt:**

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

4,5/3,0 VU Optimierung

4,5/3,0 VU Optimierungsbasierte Regelungsmethoden

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

## Smart Grids aus Netzperspektive

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### **Lernergebnisse:**

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

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

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

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

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

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

4,5/3,0 SE Seminar Smart Grids

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

**Stromversorgungsnetze - Praxis**

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

**Lernergebnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Studierenden erwerben Kenntnisse über die Grundlagen und Technologien der Hochspannungstechnik. Nach positiver Absolvierung der Lehrveranstaltungen sind Studierende in der Lage, die komplizierten Prozesse zu verstehen, die für den Betrieb des Übertragungs- und Verteilungsnetzes erforderlich sind. Sie sind in der Lage, grundsätzliche Parametrisierungen und Prüfungen von Schutz-einrichtungen elektrischer Maschinen und Anlagen durchzuführen. Sie können Strom- und Spannungsverhältnisse bei Erdschlüssen in Drehstromnetzen bei unterschiedlicher Sternpunktbehandlung berechnen sowie die Problematik der Rückwirkungen von nichtlinearen Verbrauchern auf das elektrische Netz messen und beschreiben. Studierende können eine vereinfachte Prüfung der dielektrischen Festigkeit eines Freiluft-Trennschalters mit hoher Wechselspannung und Stoßspannung durchführen. Sie können einfache Berechnungen mit dem Netzberechnungsprogramm PSS(R)SINCAL durchführen.

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

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

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

**Erwartete Vorkenntnisse:**

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

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

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

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzlichen Instrumente der oben genannten Kapitel sowie Illustration der Anwendung derselben an (ingenieurwissenschaftlichen) Beispielen. Mündliche Prüfung und Laborübungseinheiten. Gruppenarbeit, Durchführung und Dokumentation von Messungen.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

1,5/1,0 VO Hochspannungstechnik

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

## Traktionsantriebssysteme

**Regelarbeitsaufwand:** 9,0 ECTS

### Lernergebnisse:

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Die Studierenden erwerben Kenntnisse zur grundsätzlichen Auslegung und Dimensionierung eines elektrischen Antriebssystems für E-Fahrzeuge (Triebfahrzeuge und weitere spurgebundene Fahrzeuge wie Busse, PKWs, LKWs), Identifizierung und Analyse praktischer Problemstellungen bei Auslegung und Betrieb von Traktionsantrieben, Abschätzung von Hauptabmessungen der verwendeten elektrischen Maschinen, Unterschiede bei Baugröße, Leistung, Drehmoment und Wirkungsgrad sowie Fertigungsaufwand und Kosten, Auswahl der Umrichter bzw. Stromrichter, Optimierungsmöglichkeiten für bessere Effizienz und Leistungssteigerung.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Die Studierenden sind in der Lage, einen elektrischen Antriebsstrang für ein E-Fahrzeug für Schiene und Straße zu entwerfen, die Vor- und Nachteile verschiedener Varianten zu bewerten, und praktische Problemstellungen bei Traktionsantrieben zu identifizieren sowie Lösungsansätze zu erarbeiten.

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

### Inhalt:

*E-Fahrzeuge allgemein:* Einführung in den Stand der Technik der Traktionsantriebe für Schienen- und Straßenfahrzeuge, Topologien der Antriebssysteme samt Umrichter bzw. Stromrichter, Betriebsverhalten der elektrischen Antriebsmaschinen samt Verlustbilanzen, Behandlung aktueller Problemstellungen bei Auslegung und Betrieb von Traktionsantrieben, Grobauslegung eines Antriebssystems mit Fahrwiderständen und Leistungs- bzw. Energieermittlung. *E-Schienenfahrzeuge:* Spannungssysteme (AC und DC), Spurweiten, Umrichter und Stromrichter, Leistungssteuerung, elektrische Antriebsmaschinen, dieselelektrische Systeme, Batterie- und Brennstoffzellensysteme, Bahnstromversorgungen, ausgeführte Fahrzeuge. *E-Straßenfahrzeuge:* Gesamtaufbau mit Speichersystemen, Wechselrichter, elektrische Antriebsmaschinen und Getriebe, Architekturen für E-Fahrzeuge und Hybridfahrzeuge, Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Topologien, Ladeinfrastruktur und Steckersysteme, ausgeführte Fahrzeuge.

**Erwartete Vorkenntnisse:**

*Fachliche und methodische Kompetenzen:* Kenntnisse von elektrischen Systemen, Grundlagen von Elektrotechnik, gute Kenntnisse aus den Pflichtlehrveranstaltungen über elektrische Maschinen, elektrische Antriebstechnik und Leistungselektronik, Kenntnisse von mechanischen Antriebssystemen.

*Kognitive und praktische Kompetenzen:* Beherrschung und Fähigkeit zur Anwendung der Methoden und Inhalte der Pflichtlehrveranstaltungen in den Gebieten elektrische Maschinen, Antriebstechnik und Leistungselektronik. Fähigkeit zur Optimierung von elektrischen Systemen zur Minimierung des Energieverbrauches.

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

**Verpflichtende Voraussetzungen:** Keine.

**Angewendete Lehr- und Lernformen und geeignete Leistungsbeurteilung:** Vortrag über die theoretischen Grundlagen und grundsätzliche Realisierung der oben genannten Themen sowie Illustration der Anwendung derselben an Beispielen. Vertiefende Identifizierung und Analyse der aktuellen Problemstellungen bei Auslegung und Betrieb von Traktionsantrieben. Simulation eines Antriebssystems mit Wirkungsgradkennfeldern und Fahrwiderstandsberechnungen zur Bestimmung des Energiebedarfs, Besichtigung von E-Antriebssystemen für E-Fahrzeuge.

**Lehrveranstaltungen des Moduls:**

3,0/2,0 VO Elektrische Bahnen und Elektrofahrzeuge

3,0/2,0 SE Auslegung und Betrieb von Traktionsantrieben

1,5/1,0 VO Elektrische Traktionsantriebe

1,5/1,0 UE Elektrische Traktionsantriebe

## B. Lehrveranstaltungstypen

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

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

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

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

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

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

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

## C. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

### Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme

#### 1. Semester (WS) 30,0 ECTS

Elektrische Antriebe	3,0 ECTS
Leistungselektronik und Stromrichtertechnik	3,0 ECTS
Kraftwerke	3,0 ECTS
Regenerative Energiesysteme	3,0 ECTS
Energieübertragung und -verteilung	3,0 ECTS
Energieökonomie	4,5 ECTS
Wahlfächer	1,5 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	9,0 ECTS

#### 2. Semester (SS) 30,0 ECTS

Elektrische Maschinen	3,0 ECTS
Energiemodelle und Analysen	4,5 ECTS
Labor Elektrische Antriebe	6,0 ECTS
Leistungselektronik und EMV, Vertiefung	3,0 ECTS
Betriebsprozesse in Übertragungs- und Verteilnetze	3,0 ECTS
Smart Grids aus Netzperspektive	4,5 ECTS
Wahlfächer	6,0 ECTS

#### 3. Semester (WS) 30,0 ECTS

Hochspannungstechnik	1,5 ECTS
Labor Energieversorgung	4,5 ECTS
Seminar Smart Grids	4,5 ECTS
Wahlfächer	19,5 ECTS

#### 4. Semester (SS) 30,0 ECTS

Diplomarbeit	27,0 ECTS
Kommissionelle Abschlussprüfung	3,0 ECTS

### Effiziente Antriebe

#### 1. Semester (WS) 30,0 ECTS

Elektrische Antriebe	3,0 ECTS
Leistungselektronik und Stromrichtertechnik	3,0 ECTS
Kraftwerke	3,0 ECTS
Regenerative Energiesysteme	3,0 ECTS

Energieübertragung und -verteilung	3,0 ECTS
Energieökonomie	4,5 ECTS
Wahlfächer	1,5 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	9,0 ECTS

**2. Semester (SS) 30,0 ECTS**

Elektrische Maschinen	3,0 ECTS
Energiemodelle und Analysen	4,5 ECTS
Labor Elektrische Antriebe	6,0 ECTS
Leistungselektronik und EMV, Vertiefung	3,0 ECTS
Antriebstechnik, Vertiefung	4,5 ECTS
Seminar Antriebstechnik	4,5 ECTS
Elektrische Maschinen, Vertiefung	4,5 ECTS

**3. Semester (WS) 30,0 ECTS**

Seminar Elektrische Maschinen	4,5 ECTS
Wahlfächer	25,5 ECTS

**4. Semester (SS) 30,0 ECTS**

Diplomarbeit	27,0 ECTS
Kommissionelle Abschlussprüfung	3,0 ECTS

**Energiewirtschaft**

**1. Semester (WS) 30,0 ECTS**

Elektrische Antriebe	3,0 ECTS
Leistungselektronik und Stromrichtertechnik	3,0 ECTS
Kraftwerke	3,0 ECTS
Regenerative Energiesysteme	3,0 ECTS
Energieübertragung und -verteilung	3,0 ECTS
Energieökonomie	4,5 ECTS
Wahlfächer	1,5 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	9,0 ECTS

**2. Semester (SS) 30,0 ECTS**

Elektrische Maschinen	3,0 ECTS
Energiemodelle und Analysen	4,5 ECTS
Elektrische Straßenfahrzeuge und Elektromobilität	3,0 ECTS
Energy Systems and Climate Change	3,0 ECTS
Umweltschutz in der Energiewirtschaft	3,0 ECTS

Ökonomie der Erneuerbaren Energiesysteme	3,0 ECTS
Wahlfächer	15,5 ECTS

**3. Semester (WS) 30,0 ECTS**

Ökonomie der Energienetze	4,5 ECTS
Selected Topics in Energy Economics and Environment	4,5 ECTS
Energy Economics in Transport	3,0 ECTS
Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung	3,0 ECTS
Wahlfächer	15,0 ECTS

**4. Semester (SS) 30,0 ECTS**

Diplomarbeit	27,0 ECTS
Kommissionelle Abschlussprüfung	3,0 ECTS

**Elektromobilität**

**1. Semester (WS) 30,0 ECTS**

Elektrische Antriebe	3,0 ECTS
Leistungselektronik und Stromrichtertechnik	3,0 ECTS
Kraftwerke	3,0 ECTS
Regenerative Energiesysteme	3,0 ECTS
Energieübertragung und -verteilung	3,0 ECTS
Energieökonomie	4,5 ECTS
Wahlfächer	1,5 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	9,0 ECTS

**2. Semester (SS) 30,0 ECTS**

Elektrische Maschinen	3,0 ECTS
Energiemodelle und Analysen	4,5 ECTS
Labor Elektrische Antriebe	6,0 ECTS
Leistungselektronik und EMV, Vertiefung	3,0 ECTS
Seminar Leistungselektronik und EMV	3,0 ECTS
Elektrische Straßenfahrzeuge und Elektromobilität	3,0 ECTS
Wahlfächer	7,5 ECTS

**3. Semester (WS) 30 ECTS**

Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung	3,0 ECTS
Energy Economics in Transport	3,0 ECTS
Hochdynamisch betriebene PM-Synchronmaschinen	3,0 ECTS
EMV-gerechter Schaltungsentwurf	3,0 ECTS
Wahlfächer	18,0 ECTS

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

**30,0 ECTS**

Diplomarbeit

27,0 ECTS

Kommissionelle Abschlussprüfung

3,0 ECTS

## D. Semesterempfehlung für schiefeinsteigende Studierende

### Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme

#### 1. Semester (SS) 30,0 ECTS

Energiemodelle und Analysen	4,5 ECTS
Wahlfächer	16,5 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	9,0 ECTS

#### 2. Semester (WS) 30,0 ECTS

Elektrische Antriebe	3,0 ECTS
Leistungselektronik und Stromrichtertechnik	3,0 ECTS
Kraftwerke	3,0 ECTS
Regenerative Energiesysteme	3,0 ECTS
Energieübertragung und Verteilung	3,0 ECTS
Energieökonomie	4,5 ECTS
Hochspannungstechnik	1,5 ECTS
Wahlfächer	9,0 ECTS

#### 3. Semester (SS) 30,0 ECTS

Elektrische Maschinen	3,0 ECTS
Labor Elektrische Antriebe	6,0 ECTS
Vertiefung Leistungselektronik	3,0 ECTS
Betriebsprozesse in Übertragungs- und Verteilnetze	3,0 ECTS
Smart Grids aus Netzperspektive	4,5 ECTS
Wahlfächer	1,5 ECTS
Diplomarbeit	9,0 ECTS

#### 4. Semester (WS) 30,0 ECTS

Labor Energieversorgung	4,5 ECTS
Seminar Smart Grids	4,5 ECTS
Diplomarbeit	18,0 ECTS
Kommissionelle Abschlussprüfung	3,0 ECTS

### Effiziente Antriebe

<b>1. Semester (SS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Energiemodelle und Analysen	4,5 ECTS
Wahlfächer	16,5 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	9,0 ECTS

<b>2. Semester (WS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Elektrische Antriebe	3,0 ECTS
Leistungselektronik und Stromrichtertechnik	3,0 ECTS
Kraftwerke	3,0 ECTS
Regenerative Energiesysteme	3,0 ECTS
Energieübertragung und Verteilung	3,0 ECTS
Energieökonomie	4,5 ECTS
Wahlfächer	10,5 ECTS

<b>3. Semester (SS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Elektrische Maschinen	3,0 ECTS
Labor Elektrische Antriebe	6,0 ECTS
Vertiefung Leistungselektronik	3,0 ECTS
Antriebstechnik, Vertiefung	4,5 ECTS
Seminar Antriebstechnik	4,5 ECTS
Elektrische Maschinen, Vertiefung	4,5 ECTS
Diplomarbeit	4,5 ECTS

<b>4. Semester (WS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Seminar Elektrische Maschinen	4,5 ECTS
Diplomarbeit	22,5 ECTS
Kommissionelle Abschlussprüfung	3,0 ECTS

## **Energiewirtschaft**

<b>1. Semester (SS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Energy Systems and Climate Change	3,0 ECTS
Energiemodelle und Analysen	4,5 ECTS
Wahlfächer	13,5 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	9,0 ECTS

<b>2. Semester (WS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Elektrische Antriebe	3,0 ECTS
Leistungselektronik und Stromrichtertechnik	3,0 ECTS
Kraftwerke	3,0 ECTS
Regenerative Energiesysteme	3,0 ECTS
Energieübertragung und Verteilung	3,0 ECTS
Energieökonomie	4,5 ECTS
Wahlfächer	10,5 ECTS

<b>3. Semester (SS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Elektrische Maschinen	3,0 ECTS
Elektrische Straßenfahrzeuge und Elektromobilität	3,0 ECTS
Umweltschutz in der Energiewirtschaft	3,0 ECTS
Ökonomie der Erneuerbaren Energiesysteme	3,0 ECTS
Wahlfächer	3,0 ECTS
Diplomarbeit	15,0 ECTS

<b>4. Semester (WS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Ökonomie der Energienetze	4,5 ECTS
Selected Topics in Energy Economics and Environment	4,5 ECTS
Energy Economics in Transport	3,0 ECTS
Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung	3,0 ECTS
Diplomarbeit	12,0 ECTS
Kommissionelle Abschlussprüfung	3,0 ECTS

## **Elektromobilität**

<b>1. Semester (SS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Energiemodelle und Analysen	4,5 ECTS
Wahlfächer	16,5 ECTS
Freie Wahlfächer und Transferable Skills	9,0 ECTS

<b>2. Semester (WS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Elektrische Antriebe	3,0 ECTS
Leistungselektronik und Stromrichtertechnik	3,0 ECTS
Kraftwerke	3,0 ECTS
Regenerative Energiesysteme	3,0 ECTS
Energieübertragung und Verteilung	3,0 ECTS
Energieökonomie	4,5 ECTS
Wahlfächer	10,5 ECTS

<b>3. Semester (SS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Elektrische Maschinen	3,0 ECTS
Labor Elektrische Antriebe	6,0 ECTS
Leistungselektronik und EMV, Vertiefung	3,0 ECTS
Seminar Leistungselektronik	3,0 ECTS
Elektrische Straßenfahrzeuge und. Elektromobilität	3,0 ECTS
Diplomarbeit	12,0 ECTS
<b>4. Semester (WS)</b>	<b>30,0 ECTS</b>
Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung	3,0 ECTS
Energy Economics in Transport	3,0 ECTS
Hochdynamisch betriebene PM-Synchronmaschinen	3,0 ECTS
EMV-gerechter Schaltungsentwurf	3,0 ECTS
Diplomarbeit	15,0 ECTS
Kommissionelle Abschlussprüfung	3,0 ECTS

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

### **Prüfungsfach „Grundlagen in elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme“ (27,0 ECTS)**

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

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

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

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

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

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

### **Prüfungsfach „Elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme“ (27,0 ECTS)**

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

6,0/4,0 UE Labor Elektrische Antriebe  
3,0/2,0 VU Leistungselektronik und EMV, Vertiefung

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

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

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

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

### **Prüfungsfach „Effiziente Antriebe“ (27,0 ECTS)**

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

6,0/4,0 UE Labor Elektrische Antriebe  
3,0/2,0 VU Leistungselektronik und EMV, Vertiefung

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

4,5/3,0 VU Antriebstechnik, Vertiefung

4,5/3,0 SE Seminar Antriebstechnik

**Modul „Elektrische Maschinen“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Elektrische Maschinen, Vertiefung

4,5/3,0 SE Elektrische Maschinen, Seminar

**Prüfungsfach „Energiewirtschaft“ (27,0 ECTS)****Modul „Energienetze und Anwendungen“ (9,0 ECTS)**

4,5/3,0 VU Ökonomie der Energienetze

4,5/3,0 VU Selected Topics in Energy Economics and Environment

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

3,0/2,0 VU Energy Systems and Climate Change

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

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

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

3,0/2,0 VO Energy Economics in Transport

3,0/2,0 VO Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung

3,0/2,0 VO Elektrische Straßenfahrzeuge und Elektromobilität

**Prüfungsfach „Elektromobilität“ (27,0 ECTS)****Modul „Antriebe und Maschinen – Praxis“ (9,0 ECTS)**

6,0/4,0 UE Labor Elektrische Antriebe

3,0/2,0 LU Hochdynamisch betriebene PM-Synchronmaschinen

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

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

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

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

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

3,0/2,0 VO Energy Economics in Transport

3,0/2,0 VO Elektrochemische Energieumwandlung und Energiespeicherung

3,0/2,0 VO Elektrische Straßenfahrzeuge und Elektromobilität

## **Prüfungsfach „Spezialisierung in elektrische Energietechnik und nachhaltige Energiesysteme“ (27,0 ECTS)**

### **Modul „Drehstromantriebe“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 LU Aufbau hochdynamischer Drehstromantriebe
- 3,0/2,0 LU Hochdynamisch betriebene Asynchronmaschinen
- 3,0/2,0 SE Drehstromantriebe-Seminar

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

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

### **Modul „Geregelte Antriebe“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VU Simulation elektrischer Maschinen und Antriebe
- 3,0/2,0 LU Positionierantriebe
- 3,0/2,0 LU Doppelt gespeiste Asynchronmaschinen - Windgeneratoren

### **Modul „Hochdrehende elektrische Antriebe“ (9,0 ECTS)**

- 4,0/3,0 VO Dynamik rotierender Maschinen
- 3,0/2,0 VO Magnetlagertechnologie
- 2,0/1,0 LU Magnetlagertechnologie

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

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

### **Modul „Maschinenentwurf“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VO Elektrische Sonder- und Kleinmaschinen
- 3,0/2,0 VU Numerische Analyse elektrischer Maschinen und Geräte
- 3,0/2,0 UE Numerische Analyse elektrischer Maschinen

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

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

### **Modul „Modellierung von Energie- und Umweltsystemen“ (9,0 ECTS)**

- 3,0/2,0 VU Open Source Energy System Modelling
- 3,0/2,0 VU Elektrizitäts- und Wasserwirtschaft
- 3,0/2,0 VU Modellierung dynamischer Umweltsysteme

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

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

### **Modul „Optimale Systeme“ (9,0 ECTS)**

- 4,5/3,0 VU Optimierung

4,5/3,0 VU Optimierungsbasierte Regelungsmethoden

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

3,0/2,0 VO Elektrische Bahnen und Elektrofahrzeuge

3,0/2,0 SE Auslegung und Betrieb von Traktionsantrieben

1,5/1,0 VO Elektrische Traktionsantriebe

1,5/1,0 UE Elektrische Traktionsantriebe

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

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

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

27,0 ECTS Diplomarbeit

3,0 ECTS Kommissionelle Abschlussprüfung