



Hochschule  
München  
University of  
Applied Sciences

**Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik**

# **Modulhandbuch**

**Master-Studiengang  
Elektrotechnik und Informationstechnik**



**März 2026**

Das Modulhandbuch beinhaltet die Modulbeschreibungen und ist Teil des Studienplans.  
Dieser konkretisiert und vervollständigt die Studien- und Prüfungsordnung des Studiengangs.

# Inhaltsverzeichnis

Überblick.....	4
EL101: Felder und Wellen.....	8
EL102: Angewandte Stochastik.....	11
EL103: Zustandsregelungen.....	13
EL104: Werkstoffe und Elektroniktechnologie.....	15
EL201: Verteilte Systeme.....	18
EL202: Seminar Systeme.....	20
EL203: Simulation technischer Systeme mit verteilten Parametern.....	22
EL204: Qualitätssicherung, Zuverlässigkeit und Sicherheit technischer Systeme.....	24
EL206: Entwicklung resilienter Elektroniksysteme.....	26
EL301: Masterarbeit.....	29
EL400: Auslegung und Optimierung optischer Übertragungssysteme.....	31
EL405: Autonome Systeme und mobile Roboter.....	33
EL410: Batterien und Brennstoffzellen.....	35
EL412: Batterieanalyse, -modellierung und -management.....	37
EL415: Bildgebende Untersuchungsverfahren.....	39
EL420: Business English and Intercultural Skills.....	41
EL425: Cyber Physical Systems.....	44
EL430: Digitale Regelung.....	46
EL440: Hochfrequenzschaltungen.....	48
EL445: Elektrische Antriebe.....	51
EL450: Elektroakustik und Audiotechnik.....	54
EL455: Entwurf elektrischer Antriebssysteme.....	56
EL460: Fehlersicherung und Codierung.....	58
EL465: Mobile Funksysteme.....	60
EL470: Computer Vision.....	62
EL471: Autonomous Driving / Autonomes Fahren.....	64
EL475: Human Machine Interfaces.....	67
EL480: Internet-Technologie.....	69
EL490: Kryptologie.....	71
EL500: Maschinelles Lernen und Deep Learning.....	73
EL505: Mechatronische Energiesysteme.....	75
EL510: Nachhaltige Energiesysteme.....	78
EL515: Netzbetrieb und Smart Grids.....	80
EL520: Netzintegration regenerativer Energiesysteme.....	82
EL525: Netzstörungen und Versorgungssicherheit.....	84
EL526: Simulation elektrischer Energieversorgungsnetze.....	86
EL527: Simulation technischer Systeme mit verteilten Parametern.....	88
EL530: Projekt Angewandte Forschung I.....	90
EL535: Projekt Angewandte Forschung II.....	92
EL540: Projekt Autonome Systeme.....	94
EL545: Projekt Elektrische Fahrzeugantriebe.....	96
EL550: Projekt Energieeffizienz und Energieoptimierung.....	98
EL555: Projekt Kommunikationstechnik und mobile Anwendungen.....	100
EL560: Projekt Mechatronik.....	102
EL565: Projekt Technische Informatik.....	104
EL570: Ringvorlesung Elektromobilität.....	106
EL575: Robotik.....	108
EL580: Sensorik.....	110
EL585: Software Defined Radio.....	112
EL590: Symmetric Matrices.....	114

EL595: Synchronisation und Frequenzsynthese.....	116
FK06: Design integrierter Schaltungen.....	118

# Überblick

## Studienziel

Die Absolvent:innen besitzen vertiefte Kenntnisse und Kompetenzen in den mathematisch-naturwissenschaftlichen sowie in fachspezifischen elektrotechnischen und informationstechnischen Grundlagen sowie zum Verständnis des Verhaltens komplexer technischer Systeme. Sie sind in der Lage, Probleme aus einem ausgewählten Anwendungsschwerpunkt der Elektrotechnik und Informationstechnik zu lösen.

Anhand der gemeinsamen Prinzipien der Analyse, Modellbildung, Simulation und Synthese von Systemen sind die Absolvent:innen in der Lage, komplexe Modellierungs-, Entwurfs- und Testmethoden zu beurteilen, auszuwählen und neue Methoden eigenständig zu entwickeln. Sie können komplexe technische Systeme konzipieren, entwerfen und betreiben und dabei die gegenseitigen Abhängigkeiten der Teile des Systems berücksichtigen. Sie sind in der Lage, sich systematisch in Neues einzuarbeiten und Wissen aus verschiedenen Bereichen zu kombinieren.

In Seminaren, Laborpraktika, Projekten und der Abschlussarbeit werden übergreifende Qualifikationen, soziale Kompetenzen oder Kommunikationsfähigkeiten weiterentwickelt und damit auch die Fähigkeit, erfolgreich als Teil eines Teams zu arbeiten bzw. eine Arbeitsgruppe zu leiten. Die Lösung konkreter Probleme in einem Team fördert die Persönlichkeitsbildung und das Verständnis für soziale, ökonomische und ökologische Zusammenhänge und die damit verbundene Verantwortung als Ingenieur:in.

Die Absolvent:innen sind insbesondere für anspruchsvolle Tätigkeiten in folgenden Bereichen qualifiziert: Entwicklung, Konzeption, Entwurf, Simulation, Systemanalyse, Systementwurf, Systemtest, Projektierung, Implementierung und technische Beratung. Dies gilt gleichermaßen für anspruchsvolle Tätigkeiten in Wirtschaftsunternehmen, im öffentlichen Dienst oder für eine selbstständige Tätigkeit. Darüber hinaus kann der Masterabschluss auch die Basis für eine wissenschaftliche Weiterqualifizierung in einem anschließenden Promotionsverfahren sein.

Abhängig vom ausgewiesenen Studienschwerpunkt besitzen die Absolvent:innen weitere spezielle Kenntnisse und Kompetenzen aus einem der folgenden Bereiche oder aber einen besonders breiten Überblick im Falle des Schwerpunkts *“Allgemeine Elektrotechnik”*:

**Automatisierungstechnik:** Die Absolvent:innen können Systeme der Steuerungs- und Regelungstechnik analysieren, entwerfen und optimieren. Neben vertieften Kenntnissen der Steuerungs- und Regelungstechnik besitzen sie die dafür erforderlichen Kompetenzen in den Bereichen Sensorik, Prozessdatentechnik, Leistungselektronik und Antriebstechnik.

**Autonome Systeme:** Die Absolvent:innen besitzen vertiefte Kenntnisse zu maschinellem Lernen, Sensorik, digitaler Bildverarbeitung, Rechnerhardware sowie zur Kommunikation zwischen Rechnern. Damit können sie komplexe autonome Systeme (wie z.B. autonome Fahrzeuge oder mobile autonome Roboter) analysieren, entwerfen und optimieren.

**Kommunikationstechnik:** Die Absolvent:innen können Systeme zur Verarbeitung und Übertragung elektrischer oder optischer Signale analysieren, entwerfen und optimieren. Dafür besitzen sie die erforderlichen vertieften Kenntnisse in der Simulation, Schaltungsentwicklung, Signalverar-

beitung, Photonik und zu Signalprozessoren sowie zu Kommunikationsprotokollen.

**Elektromobilität:** Die Absolvent:innen besitzen vertiefte Kenntnisse zum Antriebsstrang von Elektrofahrzeugen. Dazu zählen neben dem Elektromotor und dem Energiespeicher auch die verbindende Leistungselektronik oder die steuernde Software. Durch Kenntnisse zu weiteren, die Elektromobilität beeinflussenden Technologien sind sie in der Lage, Systeme der Elektromobilität zu analysieren, zu entwerfen und weiterzuentwickeln.

**Regenerative Energien/Energietechnik:** Die Absolvent:innen besitzen vertiefte Kenntnisse im Bereich der Erzeugung, Speicherung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie. Zusammen mit erweiterten Kenntnissen zu Betriebsmitteln und zu regenerativen Energien (insbesondere Photovoltaik und Windenergie) befähigt dies die Absolvent:innen, hochkomplexe Systeme der Energietechnik zu analysieren, zu entwerfen und weiterzuentwickeln.

## Zielmatrix

Die Module adressieren durch ihre Lernziele die Qualifikationsziele des Studiengangs. Dabei werden je nach Modul diese Ziele mehr oder weniger stark berührt. Zu jedem Modul und jedem der im folgenden aufgeführten Ziele wurde eine Einstufung vorgenommen mit der Skala:

- AAA = extrem hoher Beitrag
- AA = sehr hoher Beitrag
- A = hoher Beitrag
- B = mittlerer Beitrag
- C = geringer Beitrag
- D = kein Beitrag

## Qualifikationsziele

### Anwendungsübergreifende fachliche Kenntnisse und Fertigkeiten

- F1 Vertiefte Kenntnisse in der Mathematik
- F2 Vertiefte Kenntnisse in den Naturwissenschaften
- F3 Vertiefte Kenntnisse in der Elektro- und Informationstechnik
- F4 Analyse des Verhaltens komplexer techn. Systeme
- F5 Entwurf und Bewertung komplexer techn. Systeme
- F6 Modellierungs-, Entwurfs- und Testmethoden

### Vertiefte Kenntnisse und Fertigkeiten in einem Anwendungsschwerpunkt (Vertiefungsrichtung)

- V1 Autonome Systeme (AS)
- V2 Automatisierungstechnik (AT)
- V3 Elektromobilität (EM)
- V4 Kommunikationstechnik (KT)
- V5 Reg.Energien / Energietechnik (RE)

### Selbstständige Bearbeitung komplexer technischer Probleme und Aufgaben

- B1 Analyse komplexer Aufgabenstellungen
- B2 Entwicklung von Lösungsstrategien
- B3 Entwicklung neuer Produkte / Systeme / Prozesse

### Erkennen und Bewerten technischer und wissenschaftlicher Trends

- T1 Analyse des Standes der Technik
- T2 Bewertung von Technologien und Lösungen

### Selbstständige Bearbeitung komplexer technischer Probleme und Aufgaben

- S1 Selbstständiges Arbeiten auf wiss. Grundlage
- S2 Selbstständiges Einarbeiten in neue Themenfelder
- S3 Selbstständiges Finden von Lösungen
- S4 Arbeiten in und Leitung von Projekten
- S5 Analyse und Planung von Prozessen/Projekten
- S6 Präsentationstechniken
- S7 Kommunikation
- S8 Erweiterung der Sprachkenntnisse (z.B. Englisch)

Eine Übersicht, gegliedert nach Modulgruppen, liefert die folgende Matrix. Für jedes Modul wurden die Beiträge zu den 24 Qualifikationszielen ermittelt. Um auf die Werte für die Modulgruppen zu gelangen, wurden die zugehörigen Einzelmodule mittels Median aggregiert. Dabei gehen naturgemäß Informationen der einzelnen Elemente verloren. D.h. in den Modulen selbst können die Beiträge zu den Qualifikationszielen deshalb anders ausfallen - teilweise auch **deutlich anders** (da der Median z.B. unempfindlich gegenüber Ausreißern ist). Für Details siehe die jeweilige Modulbeschreibung.

**A, B:** Pflichtmodule, **M:** Abschlussarbeit (Masterarbeit), **P:** Projektmodule, **W:** Wahlpflicht

### Zielmatrix

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>W</b>	<b>Qualifikationsziel</b>
A	B-C	B	C	B	F1 Vertiefte Kenntnisse in der Mathematik
B	B-C	B	C	C	F2 Vertiefte Kenntnisse in den Naturwissenschaften
A-B	B-C	B	A	A	F3 Vertiefte Kenntnisse in der Elektro- und Informationstechnik
B	A	B	A-B	B	F4 Analyse des Verhaltens komplexer techn. Systeme
B-C	B-C	B	A	B	F5 Entwurf und Bewertung komplexer techn. Systeme
B	B-C	B	A	B	F6 Modellierungs-, Entwurfs- und Testmethoden
B	B	B	A-B	C	V1 Autonomen Systemen (AS)
B	B	B	A-B	C	V2 Automatisierungstechnik (AT)
B	B	B	B	B	V3 Elektromobilität (EM)
B	B	B	B	C	V4 Kommunikationstechnik (KT)
B-C	B-C	B	B	B	V5 Reg.Energien / Energietechnik (RE)
A-B	B	B	AA	B	B1 Analyse komplexer Aufgabenstellungen
B	B	B	AAA	B	B2 Entwicklung von Lösungsstrategien
C	C	A	AA	C	B3 Entwicklung neuer Produkte / Systeme / Prozesse
C	A-B	B	A-B	B	T1 Analyse des Standes der Technik
C	A-B	B	A	A	T2 Bewertung von Technologien und Lösungen
A-B	B	AAA	A-B	B	S1 Selbstständiges Arbeiten auf wiss. Grundlage
B	B-C	A	AA	A	S2 Selbstständiges Einarbeiten in neue Themenfelder
B	B-C	A	AA	B	S3 Selbstständiges Finden von Lösungen
C-D	C-D	B	AA	C	S4 Arbeiten in und Leitung von Projekten
C-D	C	B	A	C	S5 Analyse und Planung von Prozessen/Projekten
C	B-C	B	A	C	S6 Präsentationstechniken
B	B-C	B	A	C	S7 Kommunikation
C	C-D	C	C	C	S8 Erweiterung der Sprachkenntnisse (z.B. Englisch)

# EL101: Felder und Wellen

<b>Modulbezeichnung</b>	Felder und Wellen
<b>Modulkürzel</b>	EL101
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Pflichtmodul der Gruppe A
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Norbert Geng
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Norbert Geng
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht
<b>Medien</b>	Tafel, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 30 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen die physikalischen Grundlagen und Phänomene, die zugehörigen mathematischen Methoden und die technischen Anwendungen der elektromagnetischen Feldtheorie und methodisch verwandter Gebiete der Physik. Dazu gehören neben statischen und quasi-stationären Feldern insbesondere auch dynamische Felder (z.B. Skin-/Proximity-Effekt, Wellenausbreitung) und deren mathematische Beschreibung.

Sie kennen und verstehen die in Software-Programmen, wie z.B. Multiphysics, verwendete Notation (Nabla-Operator, Normalenableitung, verschiedene Typen von Randbedingungen). Den Studierenden ist der Zusammenhang der Maxwell-Gleichungen mit grundlegenden Erhaltungssätzen der Physik (Ladungserhaltung und Energieerhaltung) bewusst.

Die Studierenden sind in der Lage, elektrotechnische Probleme mit den Mitteln der elektromagnetischen Feldtheorie zu formulieren, zu verstehen und zu analysieren. Sie können damit noch einfache (z.B. hochsymmetrische) Probleme analytisch lösen und basierend darauf integrale Größen (z.B. Widerstand, Kapazität, Induktivität) berechnen. Sie sind in der Lage, Phänomene zeitabhängiger Felder (z.B. Skin-Effekt, Reflexion und Transmission von Wellen) mathematisch konsistent zu beschreiben, zu analysieren und quantitative Rückschlüsse zu ziehen. Darauf basierend verstehen sie die wesentlichen physikalischen Phänomene (wie z.B. Reflexion und Transmission von EM-Wellen) und deren Auswirkungen auf technische Fragestellungen (z.B. Ausbreitung von Funk- oder Lichtwellen).

Die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten zu den Grundlagen und den mathematischen Methoden der Feldtheorie sind unverzichtbar für die Lösung feldtheoretischer Probleme mittels numerischer Verfahren (wie z.B. FEM oder FDTD) sowie die Interpretation der zugehörigen Ergebnisse im Frequenz- oder Zeitbereich. In diesem Zusammenhang können die Studierenden beurteilen, ob sich eine gegebene technische Fragestellung zu EM-Feldern ggf. noch analytisch lösen lässt oder ob dafür Simulationsprogramme verwendet werden müssen.

### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden können technische Problemstellungen mathematisch konsistent formulieren und deren Lösung nachvollziehbar darstellen. Sie verstehen für sie neuartige, physikalisch und/oder mathematisch ggf. auch komplexe Fragestellungen und die zugehörigen Lösungen und können diese mathematisch einwandfrei formulieren. Sie können beurteilen, ob sich Problemstellungen ggf. noch analytisch lösen lassen oder ob der Einsatz von Simulationsprogrammen erforderlich ist.

### **Selbstkompetenz**

Durch die eigenständige Auseinandersetzung mit und die Bearbeitung der parallel verfügbaren umfangreichen Aufgabensammlung wird das individuelle Zeitmanagement gefordert und gefördert.

### **Sozialkompetenz**

Anhand der Diskussion und gemeinsamen Lösung konkreter Probleme und Aufgaben wird die Kommunikationsfähigkeit im mathematisch technischen Umfeld gestärkt.

## **Lehrinhalte**

**Mathematische Beschreibung:** Vektorrechnung, Koordinatensysteme, Linien-/Flächen-/Volumenintegration, Satz von Gauß, Satz von Stokes, Divergenz, Rotation, Gradient, Nabla- und Laplace-Operator, einige Hinweise zur Tensorrechnung

**Elektrostatik:** Ladung, Coulomb-Gesetz, Skalar- und Vektorfelder, elektrische Feldstärke, elektrische Flussdichte, Potential, Spannung, Grenzbedingungen, Kapazität, elektrische Energie und Energiedichte, Laplace- und Poisson-Gleichung, auch allgemeiner Fall inhomogener und anisotroper Materie, Lösung des zugehörigen Randwertproblems

**Stationäres Strömungsfeld:** Stromstärke, Stromdichte, Beweglichkeit, Leitfähigkeit, Ladungserhaltung, Grenzbedingungen, Widerstand, Leistung und Leistungsdichte, Laplace-Gleichung, auch allgemeiner Fall inhomogener und anisotroper Materie, Lösung des zugehörigen Randwertproblems

**Magnetostatik:** magnetische Feldstärke und Flussdichte, magnetischer Fluss, Quellenfreiheit, Kraftwirkungen, Magnetfelder in Materie, Durchflutungsgesetz, Grenzbedingungen, Induktivität, magnetische Energie/Energiedichte, magnetisches Vektorpotential, Gesetz von Biot-Savart, Berechnung des Magnetfeldes beliebig geformter Linienleiter

**Elektrodynamik:** Verschiebungsstrom, Verschiebungsstromdichte, Faradaysches Induktionsgesetz, Wirbelströme, Skin-Effekt (Stromverdrängung, Eindringtiefe), Proximity-Effekt, vollständiger Satz der Maxwell-Gleichungen, elektromagnetische Wellen (u.a. Wellengleichung, homogene TEM-Welle, Reflexion und Transmission von EM-Wellen, Poynting-Vektor und Energieerhaltung, EM-Wellen im freien Raum), analytische Lösung von Wellenausbreitungsproblemen für noch einfache

Fälle (für gegebene einfallende ebene Welle in stückweise homogenem Hintergrundmedium), vertieftes Verständnis zu EM-Wellen anhand deren Visualisierung

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundkenntnisse zu Feldern (z.B. aus Grundlagen Elektrotechnik oder Physik) und zur höheren Mathematik (z.B. Vektorrechnung, Integration, Differentialgleichungen)

## **Literatur**

- C.A. Balanis: Advanced Engineering Electromagnetics, John Wiley and Sons, 2012
- F. Gustrau: Angewandte Feldtheorie - Eine praxisnahe Einführung in die Theorie elektromagnetischer Felder, Hanser, 2018
- H. Henke: Elektromagnetische Felder, Springer, 2015
- G. Lehner: Elektromagnetische Feldtheorie, Springer, 2010
- P. Leuchtmann: Einführung in die elektromagnetische Feldtheorie, Pearson, 2005
- K. Simonyi: Theoretische Elektrotechnik, VEB Verlag der Wissenschaften, 1993
- G. Strassacker: Rotation, Divergenz und Gradient: Einführung in die elektromagnetische Feldtheorie, Springer Vieweg, 2014

# EL102: Angewandte Stochastik

<b>Modulbezeichnung</b>	Angewandte Stochastik
<b>Modulkürzel</b>	EL102
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Pflichtmodul der Gruppe A
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Nils Rosehr
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Nils Rosehr, Prof. Dr. Helmut Kahl
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 30 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen die wichtigsten Begriffe aus der Stochastik und insbesondere aus der Wahrscheinlichkeitstheorie mit deren üblichen Namen und Bedeutung sowie deren Grenzen und können diese in der Elektro- und Informationstechnik anwenden

Die Studierenden kennen die grundlegenden Methoden zur Analyse stochastischer Prozesse (zeitdiskret und analog) und können diese im Hinblick auf konkrete Anwendungen beurteilen

Die Studierenden können reale Problemstellungen mittels stochastischer Methoden analysieren, modellieren und die Ergebnisse beurteilen (Prinzipien der Modellierung)

Die Studierenden kennen verschiedene Testverfahren und können sie in Abhängigkeit vom Einsatzfall bewerten

Die Studierenden können Fragestellungen aus Vorgängen mit stochastischem Verhalten durch Auswahl und Einsatz geeigneter Software analysieren, lösen, und die Ergebnisse bewerten

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Berechnungen und mathematischen Argumentationsketten folgen und deren tiefe einordnen. Sie können technische Problemstellungen mathematisch korrekt formulieren und deren Lösung nachvollziehbar darstellen. Sie verstehen auch neuartige oder komplexe mathematische Fragestellungen und Lösungen und können diese mathematisch einwandfrei

formulieren. Sie können beurteilen, ob sich Problemstellungen mathematisch-analytisch lösen lassen oder ob approximative Ansätze erforderlich sind.

### **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren. Das Zeitmanagement wird gefordert und dadurch gefördert. Durch das Bewältigen der anspruchsvollen Inhalte wird das Selbstvertrauen und die Frustrationstoleranz verbessert.

### **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung ermutigt und befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren. Die Studierenden lernen anspruchsvolle Fachdiskussionen zu führen. Anhand von Diskussionen und gemeinsam erarbeiteten Lösungen konkreter Probleme und Aufgaben wird die Kommunikationsfähigkeit im mathematisch technischen Umfeld gestärkt.

### **Lehrinhalte**

- Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie (diskrete und stetige Verteilungen, bedingte Wahrscheinlichkeiten, Gesetz der großen Zahlen, Zentraler Grenzwertsatz)
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen und deren Anwendung in der Elektrotechnik und Informationstechnik
- Zufallsvariablen (Verteilungen, Erwartungswerte, Varianz, Unabhängigkeit)
- Stochastische und ergodische Prozesse, Erneuerungstheorie
- Lösung von konkreten elektrotechnischen und informationstechnischen Fragestellungen aus dem Bereich der Stochastik

### **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Kenntnisse der höheren Mathematik etwa aus dem Grundstudium (Mengen, Funktionen, lineare Algebra, Differential- und Integralrechnung).

### **Literatur**

- Henze: Stochastik für Einsteiger, Vieweg Verlag
- Beichelt/Montgomery: Teubner-Taschenbuch der Stochastik, Teubner Verlag
- Waldmann/Stocker: Stochastische Modelle, Springer-Verlag
- Kahl: online-Skript (verfügbar über moodle der Hochschule München)

# EL103: Zustandsregelungen

<b>Modulbezeichnung</b>	Zustandsregelungen
<b>Modulkürzel</b>	EL103
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Pflichtmodul der Gruppe A
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Klemens Graf
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Klemens Graf, Prof. Dr. Simon Hecker
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Nach dem Besuch dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, Zustandsregelungen und Zustandsbeobachter zu berechnen.

Dabei entwickeln sie selbstständig die benötigten Dynamikvorgaben und könnenderen Auswirkungen bei realen Regelungen voraussagen.

Die Studierenden werden befähigt, komplexe Regelungsstrukturen in ihre Bestandteile zu zerlegen und diese getrennt zu testen.

Sie testen die Zustandsregelungskonzepte an den realen Demonstrationsversuchen im Labor.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Berechnungen und Argumentationsketten in schriftlichen Ausarbeitungen mathematisch korrekt darstellen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren.

### Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt besonders durch das Praktikum die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können.

## **Lehrinhalte**

Entwurf von Zustandsreglern im Frequenzbereich mit und ohne Störmodell, Zustandsdarstellung von Ein- und Mehrgrößensystemen, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit, Normalformen der Zustandsdarstellung, Zustandsrückführung von Ein- und Mehrgrößensystemen, Zustandsrückführung mit I-Anteil, Entkopplung, linear-quadratisch-optimale Regelung, Zustandsbeobachter voller und reduzierter Ordnung

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Regelungstechnik. Sie wenden die Kreisformel an und berechnen die Führungs- und Störübertragungsfunktion in unterschiedlichen Strukturen. Sie beurteilen die Systemdynamik anhand der Pollagen.

## **Literatur**

- Schulz, G., Graf, K.: Regelungstechnik 2, Oldenbourg Verlag, 2013, 3. Auflage
- Hippe, P., Wurmthaler, Ch.: Zustandsregelung, Springer Verlag, 1985
- Lunze, J.: Regelungstechnik 2, Springer Verlag, 2016, 9. Auflage
- Föllinger, O.: Regelungstechnik, VdE-Verlag, 2016, 12. Auflage

# EL104: Werkstoffe und Elektroniktechnologie

<b>Modulbezeichnung</b>	Werkstoffe und Elektroniktechnologie
<b>Modulkürzel</b>	EL104
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Pflichtmodul der Gruppe A
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Michael Hiebel
<b>Lehrende</b>	Prof. Michael Hiebel, Prof. Dr. Gregor Feiertag
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 15 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Nach dem Besuch dieses Moduls kennen die Studierenden die relevanten Eigenschaften, Prüfverfahren und Ausfallmechanismen von Loten und Kunststoffen. Darauf aufbauend sind sie in der Lage beim Entwurf von elektronischen Baugruppen Kunststoffe und Lote anwendungsgerecht auszuwählen und einzusetzen.

Nach dem Besuch dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, die verschiedenen Wärmetransportmechanismen unterscheiden, sie gezielt im Kontext der Elektronikindustrie einsetzen und zu dimensionieren. Sie können kritische Bereiche (Hot-Spots) bereits in der Entwicklung durch Finite-Elemente-Simulation oder IR-Messungen erkennen und situationsbezogene Gegenmaßnahmen einleiten.

Nach dem Besuch dieses Moduls sind die Studierenden ausgehend von den Standardmodellen für Leitungsgebundene Störungen und Störfelder in der Lage, typische EMV-Problemstellen in einem Geräteaufbau zu identifizieren (in einfachen Fällen zu quantifizieren) sowie erste Vorschläge für deren messtechnische Untersuchung und Verbesserung abzuleiten.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können elektronische Baugruppen methodisch und experimentell nach verschiedenen physikalischen Aspekten entwerfen, analysieren und optimieren.

Sie können den notwendigen Detaillierungsgrad für die Analyse eines technischen Systems selbst

einschätzen (z.B. makroskopisch vs. mikroskopisch, statisch vs. stationär vs. dynamisch, konzentriertes Ersatzschaltbild vs. Finite-Elemente-Ansatz).

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt sich selbstständig in neue physikalische und technologische Sachverhalte einzuarbeiten und sich eigenständig zu organisieren.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren um damit z.B. Fachdiskussionen zu führen.

## **Lehrinhalte**

**Polymere:** Herstellung und makromolekularer Aufbau, Modifikation von Polymeren, Mechanische Eigenschaften und Messverfahren für Polymere, Verbundwerkstoffe, Anpassung der thermischen Ausdehnung, Elektrisch leitfähiger Kunststoff, Wärmeleitender Kunststoff, Haftung – Kleben, Stofftransport, Verarbeitung, Polymere in elektronischen Baugruppen.

**Bleifreie Lote:** Bleifreie Legierungen für die Elektronik, lötbare Oberflächen, intermetallische Verbindungen, elektronische Baugruppen, Oberflächenmontage, Zuverlässigkeit von Lotverbindungen in der Elektronik bei Temperaturwechsel- und Schock-Belastung.

**Wärmemanagement:** Grundlegende Zusammenhänge, natürliche und erzwungene Wärmetransportmechanismen, Dynamische Wärmeleitpfade (Ein-/ Ausschaltverhalten, gepulster Betrieb, extraktion mehrere Zeitkonstanten), Messung und Parameterextraktion, Mehrdimensionale Wärmeleitpfade, Berechnungen an SMD-Technik und Leiterplatten mittels Finite-Elemente-Methode, Mechanik der Wärmeausdehnung und Designkonsequenzen, Thermische Arbeitspunktstabilität.

**EMV-gerechte Konstruktion von Baugruppen und Gehäusen:** Motivation (Störaussendung / Störfestigkeit / Abgrenzung zu Nachbargebieten), Leitungsgebundenen Störungen (galvanische Kopplung, kapazitive Kopplung, induktive Kopplung) und Ableitung von Gegenmaßnahmen (Leitungsgeometrien, Low-ESR-Kondensator, Ferrite, Dämpfungsmatten, Dielektrika...), Wirkungsprinzip der Störfelder und Konstruktionsbeispiele (Strahlung an Öffnungen, Dichtungsschnüre, Dichtungslamellen, Durchführungsfilter...), Grundlegende EMV-Messausrüstung (Netznachbildung, Messempfänger, Messantennen, TEM-, GTEM-Zelle, ...) und Messgrößen (z.B. Transferwiderstand, Schirmdämpfungsmaß).

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen der Werkstoffkunde, Physikgrundlagen, Grundlagen zur Elektrodynamik

## **Literatur**

### **Polymere:**

- Ehrenstein, Gottfried: "Polymer Werkstoffe, Struktur - Eigenschaften - Anwendung", Carl Hanser Verlag, München, 3. Aufl. 2011
- Menges Georg: "Menges Werkstoffkunde Kunststoffe", Carl Hanser Verlag, München, 6.

Aufl., 2011

**Wärmemanagement:**

- Kuchling, Horst. “Taschenbuch der Physik”, Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München, 20. Aufl. 2011
- Lienig, Jens und Brümmer, Hans: “Elektronische Gerätetechnik: Grundlagen für das Entwickeln elektronischer Baugruppen und Geräte”, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 1. Aufl. 2014

**EMV-gerechte Konstruktion von Baugruppen und Gehäusen:**

- Franz, Joachim: “EMV störungssicherer Aufbau elektronischer Schaltungen”, Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 5.Aufl, 2013

# EL201: Verteilte Systeme

<b>Modulbezeichnung</b>	Verteilte Systeme
<b>Modulkürzel</b>	EL201
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Pflichtmodul der Gruppe B
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	LBA M.Sc. Walter Tasin
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Benjamin Kormann, Prof. Dr. Manfred Paul, LBA M.Sc. Walter Tasin
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung (30 + 60 min) oder mündliche Prüfung (20 min)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden besitzen vertiefte Kenntnisse über verteiltes Problemlösen, den Aufbau und die Struktur verteilter Systeme und Anwendungen. Sie verstehen die Übertragung von Daten an verschiedene, räumlich getrennte Stellen und die Speicherung von Daten an verschiedenen Stellen für bessere Speicherauslastung, erhöhte Verfügbarkeit sowie erhöhte Sicherheit. Sie sind in der Lage, die Aufteilung stoßweise anfallender Aufgaben/Lasten auf verschiedene Rechner zu verteilen, um eine gleichmäßige Auslastung verschiedener Ressourcen zu erreichen sowie Aufgaben in Teilaufgaben zu zerlegen, um verringerte Antwortzeiten zu erhalten. Die Studierenden kennen Methoden zur zentrale Störungserkennung und -behebung. Sie kennen erweiterte theoretische Grundlagen und sind in der Lage, das theoretische Wissen zu allgemeinen verteilten Systemen in der Praxis auf neuartige Fragestellungen anzuwenden.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Argumentationsketten in schriftlichen Ausarbeitungen verbal und grafisch formgerecht darstellen, um die Problemstellung methodisch zu reflektieren und auch in fachübergreifenden Aufgabenstellungen zielgerichtete Lösungen zu finden.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte und Problemstellungen selbstständig zu erkennen

und zielorientierte Lösungsmöglichkeiten in entsprechenden Aufgabenstellungen zu platzieren.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, Problemstellungen und Realisierungsmöglichkeiten von verteilten Systemen adäquat zu verbalisieren und zu präsentieren. um entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können.

## **Lehrinhalte**

Verteiltes Problemlösen: Grundprinzipien, Workflow- und Agentensysteme Kommunikation in verteilten Systemen: Globale Zeit, Anwendungs-Synchronisation, Sicherheits- und Authentifizierungsaspekte, Kryptographie. Architektur von verteilten Systemen:

- Remote Procedure Call und seine Anwendung,
- Entwurf von verteilten Anwendungen,
- Methoden für verteilte Anwendungen,
- Verteilte Datei-Dienste,
- Objektorientierte verteilte Systeme

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundkenntnisse in der objektorientierten Programmierung (vorzugsweise C/C++ oder Python), Kenntnisse zu Rechnernetzen und Internetprotokollen

## **Literatur**

- G. Bengel, C. Baun, M. Kunze, K.-U. Stucky: Masterkurs Parallele und Verteilte Systeme - Grundlagen und Programmierung von Multicoreprozessoren, Multiprozessoren, Cluster und Grid, Vieweg+Teubner, 2008
- A. S. Tanenbaum, M. van Steen: Verteilte Systeme - Prinzipien und Paradigmen, Pearson Studium, 2007
- J. Dollimore, T. Kindberg, G. Coulouris: Distributed Systems - Concepts and Design, Addison Wesley, 2005

# EL202: Seminar Systeme

<b>Modulbezeichnung</b>	Seminar Systeme
<b>Modulkürzel</b>	EL202
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Pflichtmodul der Gruppe B
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Vorbereitung und Recherche
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Manfred Gerstner
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Manfred Gerstner, Prof. Dr. Christian Münker, Prof. Dr. Gregor Feiertag
<b>Lehrformen</b>	Seminar (mit Referate)
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (10 - 20 Seiten) (30%) und Präsentation (20 - 30 min) (70%)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden verstehen die im Seminar behandelten komplexen Systeme und können die Themen wissenschaftlich, politisch und gesellschaftlich bewerten.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können wissenschaftlich recherchieren. Insbesondere können Quellen beschafft, verstanden und kritisch bewertet werden. Sie können die für ein komplexes Thema relevanten Fragestellungen formulieren und darauf aufbauend Informationen auswählen und ordnen. In einem wissenschaftlichen Vortrag und in einer Seminararbeit können wissenschaftliche Erkenntnisse mit den nötigen wissenschaftlichen Tiefe verständlich und strukturiert dargestellt werden.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt sich in neue wissenschaftlich anspruchsvolle Fragestellungen einzuarbeiten und diese eigenständig einzuordnen und zu bewerten.

### Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und Fachdiskussionen zu führen.

## **Lehrinhalte**

Behandlung aktueller Fragestellungen mit Bezug zu komplexen Systemen aus Wissenschaft und Technik. Die konkreten Themenfelder werden zu Beginn des Semesters bekannt gegeben und die Themen der Teilnehmer:innen spezifiziert.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Präsentationstechniken, schreiben von technisch-wissenschaftlichen Berichten.

## **Literatur**

Wird, abhängig von den konkreten Aufgabenstellungen, zu Beginn des Seminars selbst recherchiert.

# EL203: Simulation technischer Systeme mit verteilten Parametern

<b>Modulbezeichnung</b>	Simulation technischer Systeme mit verteilten Parametern
<b>Modulkürzel</b>	EL203
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Pflichtmodul der Gruppe B
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 20
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Georg Kerber
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Georg Kerber
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Praktikum
<b>Medien</b>	Simulationstools, Tafel, Beamer, Flipchart, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	mündliche Prüfung 20 - 30 min oder Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Simulationen sind aus der Analyse und Entwicklung von immer komplizierteren Systemen nicht mehr wegzudenken. In diesem Modul lernen Studierende verschiedene Modellierungs- und Simulationstechniken auf Basis konzentrierter verteilter Parameter kennen. Sie können deren Einsatz im Lebenszyklus eines Systems einordnen. Sie verstehen ihren jeweiligen Nutzen, kennen aber auch die Grenzen und auftretende Fehler. Sie sind in der Lage zunächst ihre Anforderungen als Modelle zu beschreiben und achten auf die Grenzen der Aussagekraft jedweder Modellierung. Modelle sind immer eine vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit. Entsprechend hinterfragen die Studierenden jedwede Modelle kritisch, beherrschen theoretische Grundlagen zur Lösung der Modelle und interpretieren Simulationsergebnisse sorgfältig.

Die Vorlesung beschränkt sich auf Betrachtungen im Zeitbereich, die allgemein, d.h. auch im praktisch häufigen Fall nicht linearer Probleme anwendbar sind. Die Studierenden sind in der Lage, Modelle selbstständig zu erstellen. Sie können nachvollziehen welche Schritte in Software-Werkzeugen (oft automatisiert im Hintergrund) ablaufen, um ausgehend von Bauteil- und Topologiegleichungen, die ein differenzial-algebraisches Gleichungssystem (DAE-System) bilden, zu einer numerischen Lösung zu kommen. Dadurch ist es Ihnen möglich, Benutzereinstellungen zu

verstehen und zielgerecht auszuwählen.

Bei Modellen mit verteilten Parametern liegen im Vergleich wenige, partielle Differentialgleichungen zugrunde. Hier lernen die Studierenden insbesondere Finite-Differenzen-Verfahren sowie die Finite-Elemente-Methode kennen. Sie wissen auch hier, welche Schritte von der Gebiets- und Modelldefinition bis zum numerischen Ergebnis ablaufen und welchen Einfluss Benutzereinstellungen haben.

## **Lehrinhalte**

- Einordnung von dynamischen Simulationen in den Lebenszyklus eines Systems.
- Simulationsmodelle mit verteilten Parametern
- grundlegende Vorgehensschritte in der Lösung der zugrundeliegenden partiellen Differentialgleichungen mit Anfangs- und Randwerten; Finite-Differenzen-Verfahren; Ganzbereichsansätze, Finite-Elemente-Methode (Schwerpunkt 1D).
- Inhalte und Übungen des Moduls sind nicht auf eine bestimmte Fachdisziplin beschränkt.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Mathematische Kenntnisse z.B. zu Differentialgleichungen und Numerik, die einem ingenieurwissenschaftlichen Studium nach dem Bachelor entsprechen

## **Literatur**

- Michael Jung, Ulrich Langer: Methode der Finiten Elemente für Ingenieure, Springer, 2. Auflage, 2013
- Jian-Ming Jin: The Finite Element Method in Electromagnetics, Wiley, 3. Auflage, 2014

# EL204: Qualitätssicherung, Zuverlässigkeit und Sicherheit technischer Systeme

<b>Modulbezeichnung</b>	Qualitätssicherung, Zuverlässigkeit und Sicherheit technischer Systeme
<b>Modulkürzel</b>	EL204
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Pflichtmodul der Gruppe B
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Manfred Gerstner
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Manfred Gerstner, Prof. Dr. Helmut Kahl, Prof. Dr. Gregor Feiertag
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 20 - 30 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse aus der schließenden Statistik, insbesondere der Schätz- und Testtheorie sowie der Lebensdauerverteilungen. Sie kennen die Grundbegriffe aus den Bereichen Zuverlässigkeit, Qualitätsmanagement und funktionaler Sicherheit.

Die Studierenden beherrschen den sicheren Umgang mit Schätz- und Testverfahren zur Beurteilung der bei Fertigungs- und Abnahmekontrollen eingesetzten Prüfverfahren, z.B. Bestimmung der Testparameter bei sequentiellen Tests oder von Prüfplänen, sowie die Berechnung der Lebensdauer und der Intaktwahrscheinlichkeit einzelner Module und ganzer Systeme.

Die Studierenden kennen die wichtigsten Methoden mit denen technische Systeme entwickelt werden können die eine hohe Zuverlässigkeit haben. Die Studierenden können aus diesem Werkzeugkasten geeignete Methoden auswählen und anwenden um damit die Lebensdauer zu bestimmen, Fehlerursachen zu finden oder die Ausfallraten zu reduzieren.

Die Teilnehmenden kennen nicht nur den Unterschied zwischen den latenten Parametern und den durch passende Punktschätzer aus Stichproben ermittelten Werten einer Verteilung, sondern können auch geeignete Punktschätzer auswählen und ein zugehöriges Vertrauensintervall berechnen. Ebenso können Sie einen geeigneten Test auswählen und durchführen.

Nicht nur die Fachausdrücke, sondern auch die zugehörigen Begriffe aus dem Bereich der Stochastik und Statistik sind geläufig und können im Gespräch mit Fachkollegen verstanden und verwendet werden.

### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden können Methoden zur Entwicklung von zuverlässigen elektronischen Systemen bewerten und dadurch fachgerecht einsetzen. Selbiges gilt für das Auswählen von Testverfahren.

### **Selbstkompetenz**

Die Studierenden können sich selbstständig in Fragenstellungen aus den Bereichen Stochastik und Zuverlässigkeit einarbeiten, Lösungsvorschläge unterbreiten und Lösungswege begründet durchführen.

### **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können, im Team einen Lösungsweg auszuwählen, zu beschreiten und das Resultat nachvollziehbar und verständlich zu präsentieren.

### **Lehrinhalte**

Lebensdauerverteilungen, spezielle Verteilungen für Schätz- und Testtheorie, Parameterschätzungen, Konfidenzintervalle, Signifikanztests, sequentielle Tests, Einsatz statistischer Methoden bei verschiedenen Stufen des Produktionsprozesses, Zuverlässigkeit von Systemen, funktionale Sicherheit und Qualitätsmanagement. Ursachen für Ausfälle elektronischer Systeme, Umweltsimulationen, typische Ausfälle elektronischer Systeme und Modelle zur Berechnung der Lebensdauer. Ausfallraten elektronischer Bauelemente bestimmen. Anwendung der Weibullverteilung.

Deskriptive Statistik: Darstellung, Kennzahlen, Lage- und Streuungsparameter.

Schließende Statistik: Punktschätzer, Vertrauensintervalle, Hypothesentests.

Stochastik: klassische Verteilungen (Normal-, Exponential-, Weibull-, Student-, Chiquadrat-Verteilung), Erwartungswert und Varianz, Bedingte Wahrscheinlichkeit, Bayes, Vierfelder-/Kontingenztafel.

### **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundkenntnisse aus höherer Mathematik und Wahrscheinlichkeitslehre sind wünschenswert.

### **Literatur**

- F.E. Beichelt, D.C. Montgomery: Teubner-Taschenbuch der Stochastik, Teubner Verlag
- A.H. Haddad: Probabilistic systems and random signals, Pearson Prentice Hall
- R. Storm: Wahrscheinlichkeitsrechnung, Mathematische Statistik, Statistische Qualitätskontrolle, Fachbuchverlag Leipzig
- Armin Gottschalk: Qualitäts- und Zuverlässigkeitssicherung elektronischer Bauelemente und Systeme, expertverlag

# EL206: Entwicklung resilienter Elektroniksysteme

<b>Modulbezeichnung</b>	Entwicklung resilienter Elektroniksysteme
<b>Modulkürzel</b>	EL206
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Pflichtmodul der Gruppe B
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	typisch 30, maximal 48
<b>Sprache</b>	deutsch (teilweise englische Unterlagen)
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr.-Ing. Markus Plattner
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr.-Ing. Markus Plattner
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Tutor-Übung und Projektarbeit
<b>Medien</b>	CAE-Tools, Laborgeräte, SoC-Entwicklungsboards
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (50 %) und schriftliche Prüfung (50 %)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Nach Teilnahme des Lehrmodules kennen die Studierenden den Entwicklungsprozess elektronischer Geräte und Systeme im Detail und können eine Entwicklungsplanung entsprechend dem gesamten Produktlebenszyklus inklusive Anforderungsmanagement, Design, Entwicklung, Verifikation, Qualifizierung und Verwendung erstellen.

Die Studierenden sind in der Lage, elektronische Geräte basierend auf eingebetteten Systemen für industrielle Anwendungen zu entwickeln. Sie verstehen die Zusammenhänge in *System-on-Chips* (SoCs) und können weiterführende Anwendungen damit entwickeln. Sie kennen die Umgebungseinflüsse (u.a. Temperatur, Feuchte, Vibration, EMV/ESD, Vakuum, Strahlung) und deren Effekte auf Hardware und Software. Sie können elektronische Systeme hinsichtlich ihrer Einsatzfähigkeit unter industriellen und anspruchsvollen Umweltbedingungen bewerten.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Entwicklungsprozesse strukturieren, modellieren und dokumentieren. Sie können geeignete Methoden zur Analyse und Verifikation von Anforderungen anwenden und moderne Werkzeuge für Schaltungsentwurf, Simulation, Layouterstellung und Testplanung nutzen. Sie können aus Entwurfs- und Testergebnissen auf Systemzuverlässigkeit schließen und technische Risiken bewerten. Die Studierenden beherrschen grundlegende Methoden der

Zuverlässigkeitsanalyse (FMEA, FTA, Derating, FDIR) sowie des Konfigurationsmanagements und der Produktsicherung. Sie können eine Gerätespezifikation ableiten, Designentscheidungen technisch begründen und Entwicklungs- und Testpläne erstellen. Zur Verifikation und Validierung der Ergebnisse wenden die Studierenden Analyse- und Testverfahren an.

### **Selbstkompetenz**

Die Studierenden können selbstständig an komplexen Entwicklungsaufgaben arbeiten, ihre Arbeitsschritte planen, Entscheidungen treffen und Ergebnisse verantworten. Sie verstehen technische und organisatorische Zusammenhänge im Produktentstehungsprozess.

### **Sozialkompetenz**

Die Studierenden können in Teamarbeit mit 2 – 3 Teammitgliedern ein vollständiges technisches System entwickeln und Verantwortlichkeiten für Teilbereiche untereinander aufteilen. Sie verstehen die Notwendigkeit technischer Kommunikation und kennen Peer-Review-Prozesse.

### **Lehrinhalte**

Das Lehrmodul besteht aus seminaristischem Unterricht, Tutorübungen und einem semesterbegleitenden Projekt. Das Modul orientiert sich an der Entwicklung eines elektronischen Systems für einen konkreten Anwendungsfall, z.B. für eine industrielle oder Satellitenanwendung.

Im Projekt werden die theoretischen Inhalte der Vorlesung praktisch angewendet. Ein Evaluationsboard als *SoM (System-on-Module)* wird in seiner Hard- und Softwarearchitektur analysiert. Methoden des Hardware-Software-Codesigns werden verwendet, um die Funktionalität des SoM zu erweitern. Dazu entwickeln die Studierenden ein Aufsteck-PCB und integrieren dieses durch die Programmierung des SoC (System-on-Chip) in die existierende Architektur. Durch Peer-Review-Phasen werden Feedback- und Kommunikationskompetenzen gefördert.

#### **Abschnitt A** Entwicklungsprozess, Methoden, Systems Engineering

- Produktlebenszyklus und Produktphasen
- Anforderungs- und Verifikations-Engineering
- Machbarkeits- und Kostenanalysen, Preisbildung, Markteinführung
- Spezifikation, Konzeptentwurf, Entwicklungsplanung
- Design-Analysen, Produktsicherung und Zertifizierung (z. B. CE)
- Zuverlässigkeitsanalysen (Ausfallraten, WCA, Derating, FDIR, FMEA, FTA)
- Konfigurationsmanagement, Schnittstellenkontrolle

#### **Abschnitt B** Technische Entwicklung, Engineering

- Analyse von Umgebungsbedingungen und Ableitung spezifischer Anforderungen
- Auswirkung von Umgebungsbedingungen auf elektronische Systeme und Daten
- Autonomer Betrieb, Erkennung von Abweichungen im Ablauf
- System-on-Chip (SoC) und System-on-Module (SoM) Überblick
- Bewertung des Evaluationboards bzgl. Hardware- und Softwarearchitektur
- Leiterplattenentwurf (Schaltplan, Layout, DRC, BoM, Fertigungsdaten)
- Programmierung SoC/SoM-basierter Systeme: Prozessorarchitektur (CPU/FPGA), IP-Integration, Busarchitekturen (AMBA, AXI), SoftCores und deren Integration

- Mechanik, Struktur und Thermal Design elektronischer Baugruppen und Gehäuse

### **Abschnitt C** Verifikation und Test

- Testplanung: Testbarkeit (DfT), Ableitung von Testanforderungen, Definition von Akzeptanzkriterien
- Testaufbau, Testdurchführung und Verifikation von Anforderungen (Testsetup, Testprozedur)
- Testdatenauswertung und Visualisierung

### **Praktische Umsetzung**, (Projektarbeit)

In Teams von 2 – 3 Studierenden wird ein elektronisches Gerät entwickelt und realisiert. Dazu erhalten die Teams eine SoC-basierte Entwicklungsplattform (z. B. PolarFire SoC Discovery Kit). Sie erstellen eine Spezifikation und ein Design, entwickeln eine Erweiterungsplatine im MikroBus Formfaktor und integrieren die zusätzliche Funktionalität in HW und SW. An der entwickelten HW/SW Baugruppe wird die Verifikation der Anforderungen durchgeführt.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen der Elektronikentwicklung und Programmierung aus dem Bachelorstudium, Kenntnisse über die Funktionsweise von Mikrocontrollern, FPGAs, Speichern, Kommunikationsbussen.

## **Literatur**

- Lienig J., Brümmer H.: Elektronische Gerätetechnik, Springer Vieweg, 2014.
- Schmidt R., et al.: Elektronik Design: Theorie und Praxis, Springer Vieweg, 2024
- Aktuelle SoC-Handbücher (z. B. Lattice, Microchip, Xilinx oder Intel FPGA).

# EL301: Masterarbeit

<b>Modulbezeichnung</b>	Masterarbeit
<b>Modulkürzel</b>	EL301
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Abschlussarbeit
<b>Leistungspunkte</b>	30 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	—
<b>Studienbelastung</b>	900 h
<b>Studiensemester</b>	3. Semester
<b>Häufigkeit</b>	jederzeit
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	
<b>Sprache</b>	deutsch oder englisch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Manfred Gerstner
<b>Lehrende</b>	alle Professor:innen der Fakultät
<b>Lehrformen</b>	eigenständige wissenschaftliche Arbeit
<b>Medien</b>	—
<b>Prüfungsform</b>	Masterarbeit (Abschlussarbeit) (mit schriftlicher Ausarbeitung und fachwissenschaftlichem Vortrag)

## Angestrebte Lernergebnisse

Eine anspruchsvolle Aufgabenstellung aus dem Bereich der Elektro- und Informationstechnik kann selbstständig bearbeitet werden. Eine passende Lösungsstrategien kann erarbeitet, beurteilt und effektiv umgesetzt werden. Die Dokumentation der Arbeit kann in Form einer schriftlichen Ausarbeitung nach den *Regeln guter wissenschaftlicher Praxis* angefertigt werden. Im Kolloquium können Problemstellung, Lösungsweg, Resultate und Bewertung in Form eines fachlichen Gedankenaustausches verständlich und nachvollziehbar dargelegt werden.

## Fachkompetenz

Die jeweiligen Fachkompetenzen ergeben sich aus der konkreten Aufgabenstellung der Masterarbeit.

## Methodenkompetenz

Nach erfolgreicher Teilnahme können die Teilnehmenden technische Projekte eigenständig wissenschaftlich bearbeiten. Sie sind in der Lage, durch Recherche den Stand der Technik zu bestimmen und einzuordnen und Lösungen unter besonderer Berücksichtigung eines Systemansatzes zu erarbeiten. Die Studierenden können die eigene Arbeit in schriftlicher Form mittels mathematisch richtiger Beschreibung unter Verwendung von korrektem Ausdruck und Rechtschreibung in einem ansprechenden Layout dokumentieren.

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, sich selbstständig in neue wissenschaftliche Fragestellungen einzuarbeiten, sich Sachverhalte zu erschließen und zu praktikablen Resultaten zu gelangen sowie sich dabei eigenständig zu organisieren.

## **Sozialkompetenz**

Durch die Zusammenarbeit mit den betreuenden Professor:innen und anderen Projektmitarbeiter:innen wird die Fähigkeit zu technischen Diskussionen gefördert und die Teamfähigkeit geschult. Das Modul befähigt die Teilnehmenden dazu, die Fachinhalte adäquat und überzeugend aufzubereiten, zu verbalisieren, zu präsentieren und entsprechende Fachdiskussionen zu führen.

## **Lehrinhalte**

Themen für Masterarbeiten werden von Lehrenden der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik, Firmen und anderen Institutionen angeboten. Studierende können auch eigene Vorschläge für Themen einbringen. Das Thema muss für eine eigenständige technisch-wissenschaftliche Bearbeitung in der vorgegebenen Zeit geeignet sein. Die Fragestellung und die Aufgaben müssen mit dem betreuenden Lehrenden der Fakultät abgesprochen werden.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Kenntnisse über wissenschaftliches Arbeiten. Grundlagen aus den studiengangsrelevanten Bereichen (Pflichtgruppen A und B). Spezielle Anforderungen an fachspezifische Vorkenntnisse ergeben sich aus der konkreten Aufgabenstellung der Masterarbeit.

## **Literatur**

Wird je nach Aufgabenstellung von den Betreuenden vorgegeben und selbst recherchiert.

# EL400: Auslegung und Optimierung optischer Übertragungssysteme

<b>Modulbezeichnung</b>	Auslegung und Optimierung optischer Übertragungssysteme
<b>Modulkürzel</b>	EL400
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Arne Striegler
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Arne Striegler
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden besitzen vertiefte Kenntnisse optischer Übertragungssysteme. Sie kennen und verstehen die Auswirkungen der Komponenten auf das Gesamtsystem sowie Regeln zu dessen Optimierung. Die Studierenden sind in der Lage, ein optisches Übertragungssystem bestehend aus verschiedenen Komponenten zu analysieren und zu optimieren. Die Studierenden sind in der Lage, das System auf Komponentenebene herunterzubrechen, sämtliche systemrelevanten Parameter zu charakterisieren und deren Einfluss auf das Gesamtsystem zu beurteilen. Das erarbeitete prinzipielle Vorgehen zur Analyse eines Gesamtsystems können die Studierenden sinngemäß auf andere Problemstellungen anwenden.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden erlernen Schwierigkeiten und Probleme bei der Optimierung optischer Übertragungssysteme zu lösen. Sie erlernen hierzu diese zu erfassen und zu analysieren und daraus Lösungen abzuleiten.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können.

## **Lehrinhalte**

- Komponenten optischer Übertragungssysteme: Lichtwellenleiter, Verstärker, Multiplexer, Koppler, Filter, Modulatoren
- Modulationsformate und Empfänger: OOK, DPSK, M-QAM, kohärente Empfänger
- Dispersionsmanagement unter Berücksichtigung von Datenrate und nichtlinearen Effekte
- Nichtlineare Effekte: Vierwellenmischung, Selbst- und Kreuzphasenmodulation
- Leistungsmanagement unter Berücksichtigung von Rauschen und nichtlinearen Effekten
- Einführung in Simulationssoftware für optische Übertragungsstrecken

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundkenntnisse der optischen Nachrichtentechnik

## **Literatur**

- Optische Kommunikationstechnik: Handbuch für Wissenschaft und Industrie; E. Voges, K. Petermann; Springer Verlag
- Grundlagen der Photonik; B. E. A. Saleh, M. C. Teich; Wiley-VCH Verlag
- Handbook of Optical Fiber Telecommunications: Pt. 3A (Optical Fiber Telecommunications III); I. P. Kaminow, T. L. Koch; Elsevier Verlag

# EL405: Autonome Systeme und mobile Roboter

<b>Modulbezeichnung</b>	Autonome Systeme und mobile Roboter
<b>Modulkürzel</b>	EL405
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung EM, AT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch (englische Unterlagen)
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Alfred Schöttl
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Alfred Schöttl
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (50%) und schriftliche Prüfung 45 min (50%), oder mündliche Prüfung (100%)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen und verstehen den mechanischen und elektrischen Aufbau eines Robotersystems und können die Aktuatorik mathematisch beschreiben. Sie kennen die Grundzüge der Kinematik und inversen Kinematik von Manipulatoren und von mobilen Plattformen. Sie können Methoden zur Lokalisation (d.h. der Bestimmung der eigenen Position) und Kartenerstellung unter Verwendung typischer Sensorik wie Laserscanner und 3D-Kameras anwenden und grundlegend programmieren. Sie kennen Verfahren zur Pfadplanung für Manipulatoren und mobilen Plattformen auf den erstellten Karten und können eigene Pfadplanungen realisieren. Sie können ein gängiges Robotik-Framework (ROS) grundlegend bedienen und programmieren.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können technische Sachverhalte in ein mathematisches System abstrahieren und dieses bearbeiten. Sie können Algorithmen beschreiben und bei Bedarf modifizieren. Sie können mathematisch-algorithmische Beschreibungen implementieren bzw. vorhandene Implementierungen anwenden.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, den eigenen Wissensstand einzuschätzen, Lücken zu erkennen und aufzuarbeiten. Sie lernen verschiedene Methoden der Erarbeitung eines neuen Stoffs kennen

und sich eigenständig zu organisieren.

## **Sozialkompetenz**

Die Studierenden erlernen, die Fachinhalte in Gruppen zu diskutieren und Wissenslücken gegenseitig zu schließen.

## **Lehrinhalte**

- Einführung: Architektur mobiler autonomer Systeme am Beispiel der Servicerobotik.
- Kinematik: Aufbau und mathematische Beschreibung von Bewegungen von Manipulatoren und Fahrwerken, inverse Kinematik
- Odometrie und Inertialsensorik: Sensorik und einfache Lokalisation
- Kartenerstellung und Lokalisation (SLAM): Karten und kombinierte Lokalisation
- Pfadplanung: verschiedene Methoden der Pfadplanung und –optimierung
- Architektur Robotik-Frameworks: Roboter-Betriebssysteme
- Implementierung einfacher Funktionen: Realisation einfacher eigener Funktionen
- Programmierung autonomer Systeme: Anwendung an Robotik-Systemen und der Simulation in einer verteilten Umgebung

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundkenntnisse in Python

## **Literatur**

- Steven M. LaValle: Planning Algorithms Cambridge University Press, 2006.
- Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox: Probabilistic Robotics, MIT Press, 2005.
- Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh, Davide Scaramuzza: Introduction to Autonomous Mobile Robots. Mit Press 2011.
- [www.ROS.org](http://www.ROS.org)

# EL410: Batterien und Brennstoffzellen

<b>Modulbezeichnung</b>	Batterien und Brennstoffzellen
<b>Modulkürzel</b>	EL410
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung EM, RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	Deutsch mit englischsprachigen Unterlagen, bei Bedarf Englisch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Oliver Bohlen
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Oliver Bohlen
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden verfügen über Kenntnissen von Brennstoffzellen und erweiterte Kenntnisse von Batterien und zukünftigen Batterietechnologien. Sie verfügen über die fachlichen Kompetenzen, die besonderen Eigenschaften von Speichersystemen zu analysieren und deren spezifischen Vor- und Nachteile zu bewerten. Die Studierenden kennen Messverfahren für Batterien und Brennstoffzellen und können diese anwenden.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Speichersysteme auslegen, wichtige Kenndaten berechnen sowie Simulationsmodelle konzipieren und umsetzen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden können sich fachliche Inhalte selbstständig durch Fachlektüre erarbeiten.

### Sozialkompetenz

Die Studierenden und deren Verständnis im Rahmen von Gruppenarbeiten zu vertiefen und anschließend für eine Zusammenfassung adäquat zu verbalisieren.

### Lehrinhalte

- Technologischer Überblick über Brennstoffzellen, deren Klassifizierung und

unterschiedlichen Eigenschaften. Voraussetzungen zum Betrieb, Einflussfaktoren auf Leistungsdichte, Wirkungsgrad und Kosten.

- Technologischer Überblick über moderne und zukünftige Batteriesysteme, insbesondere Hochtemperaturbatterien (NaS, NaNiCl<sub>2</sub>) und Redox-Flow-Batterien (Vanadium-Systeme und Alternativen).
- Vertiefung der Thematik Lithium-Batterien, insbesondere hinsichtlich Zukunftstrends (5V-Materialien, Lithium-Schwefel, Lithium-Luft).
- Moderne elektrotechnische Analysemethoden für Batterien und Brennstoffzellen, insbesondere die elektrochemische Impedanzspektroskopie sowie daraus abgeleiteten Modelle. Entwicklung von Ersatzschaltbildmodellen und deren Parametrierung über Messungen.
- Moderne modellbasierte Verfahren zur Zustandsbestimmung von Batterien und Brennstoffzellen.
- Vertiefung des Verständnisses von Brennstoffzellen und Batterien sowie deren Analysemethoden und Modellierung durch Laborpraktika (3 Versuche).

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagenwissen zu elektrischen Energiespeichern (z.B. aus dem Modul Energiespeicher im Bachelor oder Selbststudium).

## **Literatur**

- Jossen, A. & Weydanz, W. Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen, Inge Reichardt Verlag, 2006
- Linden, D. & Reddy, T. B. (ed.) Handbook of batteries McGraw-Hill Professional, 2001
- Korthauer, R. (ed.): Handbuch Lithium-Ionen-Batterien, Springer Vieweg, 2013, ISBN 978-3-642-30653-2
- Kurzweil, P.: Brennstoffzellentechnik: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Anwendungen, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 2003, ISBN-13: 978-3528039653
- Vielstich, W., Lamm, A. (ed.): Handbook of Fuel Cells: Fundamentals, Technology, Applications, John Wiley & Sons; Auflage: 1 (2003), ISBN-13: 978-0471499268

# EL412: Batterieanalyse, -modellierung und -management

<b>Modulbezeichnung</b>	Batterieanalyse, -modellierung und -management
<b>Modulkürzel</b>	EL412
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung EM, RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	Deutsch mit englischsprachigen Unterlagen, bei Bedarf Englisch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Oliver Bohlen
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Oliver Bohlen
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (50%) und mündliche Prüfung 20-30 min (50%)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden verfügen über Kenntnissen zu Batterien, Verfahren zur deren Analyse, Modellierung, Monitoring, Management und Betriebsführung. Die Studierenden kennen Messverfahren für Batterien und Brennstoffzellen und können diese anwenden. Sie kennen mathematische Verfahren der Modellbildung und technische Einrichtungen zum Messen und Überwachen von Batterien.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Speichersysteme elektrische und thermisch charakterisieren und entsprechende Messeinrichtungen bedienen. Sie können die Messdaten auswerten, interpretieren und daraus Modelle parametrieren. Sie sind in der Lage, aus physikalisch-mathematischen Beschreibungen und Erkenntnissen aus der Analyse der Batteriespeicher Simulationsmodelle zu entwickeln und zu bedienen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden können sich fachliche Inhalte selbstständig durch Fachlektüre erarbeiten und sich in Programmier- und Simulationssoftware einarbeiten.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung ermutigt und befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren. Die Studierenden lernen anspruchsvolle Fachdiskussionen zu führen. Anhand von Diskussionen und gemeinsam erarbeiteten Lösungen konkreter Probleme und Aufgaben wird die Kommunikationsfähigkeit im mathematisch technischen Umfeld gestärkt.

## **Lehrinhalte**

- Elektrochemische und physikalische Grundlagen elektrochemischer Energiespeicher, insbesondere von Lithium-Ionen-Batterien.
- Modellierung anhand von Ersatzschaltbildern und Zustandsraumdarstellung
- Datengetriebene Black-Box-Modellierung von Batterien
- Moderne modellbasierte Verfahren zur Zustandsbestimmung von Batterien
- Messverfahren zur Analyse: Pulstests, Elektrochemische Impedanzspektroskopie, Differential Voltage Analysis
- Vertiefung des Verständnisses von der Analysemethoden und Modellierung durch Laborpraktika

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

- Grundlagenwissen zu elektrischen Energiespeichern (z.B. aus dem Modul Energiespeicher im Bachelor oder Selbststudium).
- Grundlagenwissen zur mathematischen Modellierung (Numerik, Systemtheorie)
- Grundkenntnisse in Matlab-Simulink

## **Literatur**

- Plett, G. L.: Battery management systems, Volume I: Battery modeling, Artech House, 2015, ISBN: 9781630810238
- Plett, G. L.: Battery management systems, Volume II: Equivalent-circuit methods, Artech House, 2015, ISBN: 9781630810276
- Weitere Literatur wird im Rahmen der Vorlesung empfohlen und über Moodle verlinkt oder zur Verfügung gestellt.

# EL415: Bildgebende Untersuchungsverfahren

<b>Modulbezeichnung</b>	Bildgebende Untersuchungsverfahren
<b>Modulkürzel</b>	EL415
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, KT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Michael Hiebel
<b>Lehrende</b>	Prof. Michael Hiebel
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 15 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Nach dem Besuch dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, die Wirkungsprinzipien der wichtigsten bildgebenden Untersuchungsverfahren zu beschreiben, zu vergleichen und ihre wichtigsten Kennwerte (z.B. Auflösung) zu analysieren. Sie können die für ein Verfahren erforderliche Signalaufbereitung ableiten.

Die Studierenden sind in der Lage, die Eignung eines bildgebendes Untersuchungsverfahren für eine konkrete Aufgabe zu beurteilen.

Sie können die Verfahren als Werkzeug zur Fehlersuche in Service und Entwicklung nutzen und besitzen ein Grundverständnis zur Konzeption und Optimierung eigener Systeme.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können komplexe Systeme analysieren und auf ihren mathematischen Kern reduzieren und damit bereits gewonnene Erkenntnisse auf ein neues System mit anderem physikalischen Wirkprinzip übertragen.

Die Studierenden können Berechnungen und Argumentationsketten in schriftlichen Ausarbeitungen (z.B. den angefertigten Laborberichten) formgerecht darstellen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt sich selbstständig in neue physikalische Sachverhalte

einzuarbeiten und sich eigenständig zu organisieren (unter anderem durch das Praktikum).

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen zu führen.

## **Lehrinhalte**

Die Vorlesung behandelt sowohl die Anwendung als auch die Entwicklung bildgebender Untersuchungsverfahren. Die Verfahren werden entsprechend ihrem Wirkprinzip geordnet dargestellt:

**Optisch:** Begriffsabgrenzung, Verfahren (Mikroskop, Endoskop, IR-Kamera, Lichtlaufzeitverfahren)

**Ultraschall:** Prinzip, Aktoren/Sensoren, Schaltungsauslegung, Verfahren (Abstandsmessung, A-Scan, B-Scan, M-Mode, CW-Doppler, Pulsdoppler), typische Einschränkungen und Störungen.

**Radar:** Radararten und ihre Blockschaltbilder, Empfängerrauschen und Systemverluste, Antennenauswahl, Rückstreulfläche, Entdeckungswahrscheinlichkeit, Radarverfahren (Pulsradar, Puls-Doppler-Radar, CW-Radar, FM-CW-Radar, ...), typische Störungen, Analyse moderner Radaranwendungen (Personen Scanner) sowie der Sonderformen: Radiometer, Kernspin-Tomographie

**Röntgenanalyse und verwandte Verfahren:** Röntgenquellen, Dosisleistung, Grenzwerte, Absorption, Detektoren, Röntgenverfahren (Durchleuchtung, CT-Prinzipien, Röntgenspektraluntersuchung / Rasterelektronenmikroskop, Szintigraphie)

**Tunnelprinzipien:** Modellierung des Tunneleffekts, Prinzipien (Rastertunnelmikroskop, Rasterkraftmikroskop, frequenzmodulierte Verfahren), Auflösung und Messgenauigkeit

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Physikgrundkenntnisse, Mathematikgrundlagen, Grundkenntnisse aus Signale und Systeme, Grundlagen der analogen Schaltungstechnik

## **Literatur**

- Haferkorn, Heinz: „Optik: Physikalisch-technische Grundlagen und Anwendungen“, John Wiley & Sons, Weinheim, 4. Auflage, 2003
- Göbel, Jürgen: "Radartechnik: Grundlagen und Anwendungen", VDI-Verlag, 1. Auflage, 2001
- Dössel, Olaf: „Bildgebende Verfahren in der Medizin“, Springer-Verlag, Heidelberg, 1. Auflage 2000
- Goldstein, Joseph I., Et al.: "Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis", Springer New York, NY, 4th edition 2018

# EL420: Business English and Intercultural Skills

<b>Modulbezeichnung</b>	Business English and Intercultural Skills
<b>Modulkürzel</b>	EL420
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, KT, RE, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium und Recherche
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. in jedem Semester
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 24
<b>Sprache</b>	englisch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Nicole Brandstetter
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Nicole Brandstetter, Ana Schaumburger
<b>Lehrformen</b>	Seminar, Präsentationen, Referate
<b>Medien</b>	Beamer, Video, Videokontrolle, Computerlabor, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	mündliche Prüfung 20 min nach Vorbereitung (30 min) auf ein vorgegebenes Thema

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Nach der Teilnahme an der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage verschiedene Aspekte der Makro- und Mikroökonomie zu unterscheiden und basierend auf Theorien der interkulturellen Kommunikation Handlungskompetenz im internationalen Geschäftsleben zu entwickeln. Dazu erhöhen sie ihre schriftlichen und mündlichen Kommunikationsfertigkeiten und verwenden dabei die englische Fach- und Allgemeinsprache situations- und adressatengerecht (Niveau C1)

### Methodenkompetenz

Die Studierenden sind in der Lage, sich eigenständig neue Themengebiete zu erschließen und können dabei ihren eigenen Arbeitsprozess methodisch reflektieren. Des Weiteren entwickeln sie eigene Fehlervermeidungsstrategien in der englischen Fach- und Allgemeinsprache.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden reflektieren ihr eigenes Verhalten in unterschiedlichen, interkulturellen, auch schwierigen Gesprächssituationen (Konfliktgespräche, Verhandlungen) und entwerfen davon ausgehend Strategien, um adäquat zu agieren. Des Weiteren können sie ihre schriftliche Kompetenz im Englischen evaluieren und optimieren.

## **Sozialkompetenz**

Die Studierenden präsentieren Ergebnisse selbstsicher, situations- und adressatengerecht im internationalen Kontext und analysieren dabei kulturelle Unterschiede und Erwartungen.

## **Lehrinhalte**

Die Lehrveranstaltung vermittelt ein Verständnis für Theorien der interkulturellen Kommunikation, für ausgewählte Aspekte der Makro- und Mikroökonomie und vertieft die dafür erforderliche mündliche und schriftliche Sprachkompetenz in der englischen Fach- und Allgemeinsprache. Anhand von authentischem schriftlichem und audiovisuellem Material werden grammatische Strukturen geübt und spezielles Vokabular erarbeitet. Die Studierenden schreiben englische (Fach-)Texte (Geschäftskorrespondenz, Geschäftsbericht) und trainieren ihre mündliche Kommunikationskompetenz im Englischen (Verhandlungen, Feedback, Meetings, Social English). Dabei erhöhen sie auch ihr interkulturelles Bewusstsein und analysieren unterschiedliche kulturelle Hintergründe und Erwartungen. Des Weiteren werden Grundlagen gelungener Präsentationen in verschiedenen kulturellen Kontexten gelehrt, welche dann bei der Erstellung eigener Präsentationsunterlagen geübt und vertieft werden.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Englischkenntnisse auf dem Niveau B2

## **Literatur**

### **Nachschlagewerke zur englischen Sprache**

- Longman Business English Dictionary. Longman, 2007.
- Oxford Advanced Learner's Dictionary. Oxford University Press, 2015.
- Oxford Business English Dictionary. Oxford University Press, 2005.

### **Fachliteratur zur englischen Sprache**

- Business Spotlight. Planegg: Spotlight Verlag.
- Dignen, Bob. Fifty ways to improve your Presentation Skills in English. Hampshire: Heinle, Cengage Learning, 2007.
- Duarte, Nancy. slide:ology: the art and science of creating great presentations. Sebastopol: O'Reilly Media, 2008.
- Duckworth, Michael. Business Grammar & Practice. Oxford: Oxford UP, 2013.
- Emmerson, Paul. Business English Handbook Advanced. London: MacMillan, 2007.
- Emmerson, Paul. Business English Vocabulary Builder. The words & phrases you need to succeed. London: Macmillan, 2009.
- Emmerson, Paul. Business English Grammar Builder. Second Edition. Clear explanations for real situations. London: Macmillan, 2010.
- Hewings, Martin. Advanced grammar in use: A self-study reference and practice book for advanced learners of English. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- McCarten, Jeanne; McCarthy, Michael. Grammar for Business. Stuttgart: Klett, 2010.
- Murphy, Raymond. English grammar in use: A self-study reference and practice book for intermediate students. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

- Powell, Mark. Dynamic Presentations. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- Powell, Mark. International Negotiations. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- Strutt, Peter. Market Leader – Business Grammar and Usage. Harlow: Pearson Education Limited, 2014.
- Ungerer, F.; Meier, G. E. H.; Schäfer, K.; Lechler, S. B. A Grammar of Present-Day English. Stuttgart: Klett, 2009.

### **Fachliteratur zur interkulturellen Kommunikation**

- Hofstede, G. J.; Pedersen, P. B.; Hofstede, G. Exploring Culture: Exercises, Stories and Synthetic Cultures. Boston: Intercultural Press, 2011.
- Hofstede, G.; Hofstede, G. J.; Minkov, M. Cultures and Organizations: Software of the mind. Intercultural Cooperation and its importance for survival. New York: McGraw-Hill, 2010.
- Trompenaars, F.; Hampden-Turner, Ch. Riding the waves of Culture. Understanding Diversity in Global Business. N. Brealey Publishing, 2012.

### **Fachliteratur zu Wirtschaftsthemen**

- Harford, Tim. The Undercover Economist, Revised and Updated. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- Marcousé, Ian et al. Business Studies. Second Edition. Hodder Arnold, Hodder Education, 2003.
- Pindyck, Robert S., Rubinfeld Daniel L. Microeconomics. Upper Saddle River: Prentice hall, 2012.

# EL425: Cyber Physical Systems

<b>Modulbezeichnung</b>	Cyber Physical Systems
<b>Modulkürzel</b>	EL425
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, KT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Gerhard Schillhuber
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Gerhard Schillhuber
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen die Eigenschaften, Komplexität und Vernetzung von cyber-physischen Systemen und verstehen deren Kommunikation, Dateninfrastruktur sowie die zugehörigen Sicherheitsaspekte.

Die Studierenden können die Systemanforderungen an ein cyber-physisches System für unterschiedliche Anwendungen definieren und können daraus die benötigten Hard- und Software-Komponenten ableiten.

Die Studierenden sind der Lage, ein cyber-physisches System aufzubauen und zu erweitern.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können komplexe Technologien analysieren und deren Grundprinzipien verständlich aufarbeiten. Sie werden befähigt neue Medienformate zur Wissendarstellung zu nutzen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren.

### Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können.

## Lehrinhalte

- Verteilte cyber-physische Systeme
- Sensoren, Aktoren und Energieversorgung
- Kommunikation und Datenaustausch
- Software für eingebettete Systeme und Server
- Sicherheit und Verifikation
- Wissens- und Erkenntnisgewinnung aus System- und Messdaten

## Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme

Kenntnisse in Programmierung. Wünschenswert: Kenntnisse in *hardwarenaher* Programmierung

## Literatur

- E. A. Lee and S. A. Seshia, Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach, <http://LeeSeshia.org>, 2017
- P. Marwedel, Embedded System Design - Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, Springer, 2011

# EL430: Digitale Regelung

<b>Modulbezeichnung</b>	Digitale Regelung
<b>Modulkürzel</b>	EL430
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, RE, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Simon Hecker
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Simon Hecker, Prof. Dr. Klemens Graf
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 30 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden sind in der Lage, zeitkontinuierliche Regler zeitdiskret zu approximieren und können die dazu notwendige Abtastzeit bestimmen. Sie können die Grenzwertsätze der z-Transformation anwenden und kennen für unterschiedliche Pollagen in der z-Ebene das damit verbundene Zeitverhalten.

Durch sprunginvariante Transformation der Strecke können die Studierenden diese zeitdiskret beschreiben und dazu im Zeitdiskreten einen Regler mit Hilfe der Polplatzierung entwerfen.

Die Studierenden können Führungs- und Störverhalten unterscheiden und getrennt voneinander beim Reglerentwurf vorgeben. Sie kennen die Unterschiede zwischen einem direkten diskreten und einem quasikontinuierlichen Entwurf und können diese bewerten.

Die Studierenden kennen die Funktionsweise adaptiver Filter und deren Einsatz zur aktiven Kompensation von Schall und Vibrationen.

Die Studierenden können einen einfachen modellprädiktiven Regler mit dem Verfahren der Generalized Predictive Control (GPC) - ohne Stellbegrenzungen - entwerfen.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können eigenständig eine geeignete Methode auswählen und diese in verschiedenen Disziplinen anwenden.

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können. Zudem können die Studierenden in Gruppen komplexe Aufgaben aufteilen und gemeinsam eine Lösung finden.

## **Lehrinhalte**

- Aufbau digitaler Regelkreise, quasikontinuierlicher Reglerentwurf
- Beschreibung digitaler Systeme: Grundlagen, Theorie und Anwendung der z-Transformation, z-Übertragungsfunktion von Regelstrecken, Regler, Stabilität und Zeitverhalten digitaler Regelkreise
- Entwurf digitaler Regler: Polplatzierung, getrennte Vorgabe von Führungs- und Störverhalten, Controller Wind-Up
- Adaptive Filter
- Modellprädiktive Regler, speziell Generalized Predictive Control (GPC)

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen der Regelungstechnik, Signale und Systeme

## **Literatur**

- G. Schulz: Regelungstechnik 2, 2. Auflage, Oldenbourg Verlag, 2008
- J. Lunze: Regelungstechnik 2, 6. Auflage, Springer-Verlag, 2010
- G. Frankling, J. Powell: Feedback Control of Dynamic Systems, 8. Auflage, Pearson, 2009
- Unbehauen: Regelungstechnik II, 9. Auflage, Vieweg, 2007
- Ogata: Discrete-Time Control Systems, 2. Auflage, Prentice Hall, 1995
- K. Aström, B. Wittenmark: Computer-Controlled Systems: Theory and Design, 3. Aufl., Dover Books, 2011
- S. Elliott: Signal Processing for Active Control, Elsevier, 2001
- E. Camacho, C. Bordons: Model Predictive Control, 2. Auflage, Springer, 2007
- J. Maciejowski: Predictive Control with Constraints, Prentice Hall, 2002

# EL440: Hochfrequenzschaltungen

<b>Modulbezeichnung</b>	Hochfrequenzschaltungen
<b>Modulkürzel</b>	EL440
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Georg Strauß
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Georg Strauß
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden verfügen über ein vertieftes Verständnis der Beschreibung von Vielpolen sowie über praktische Erfahrung in der Vermessung der Eigenschaften dieser Vielpole. Für den Entwurf von Hochfrequenzschaltungen haben die Studierenden grundlegende Kenntnisse sowohl von klassischen analytischen Methoden der Hochfrequenztechnik als auch von rechnergestützter Entwurfsautomatisierung (Computer Aided Design, CAD).

Die Studierenden können die grundlegenden Dimensionen von hochfrequenzschaltungen mit "Papier und Bleistift" bestimmen und daher die CAD-Simulationsergebnisse kritisch beurteilen. Sie sind in der Lage, solche Schaltungen unter Berücksichtigung der physikalischen Randbedingungen und der durch die Herstellung gegebenen Prozessfenster mit Hilfe geeigneter Modelle zu optimieren.

Sie verstehen ein CAD als Carrier von Erfahrungen und Erkenntnissen, die dem Ingenieur mittels Berechnungsverfahren und mathematischer und empirischer Modelle zur Verfügung gestellt werden. Sie beherrschen die Verwendung von Kleinsignal- und Großsignalmodellen zur Beschreibung elektromagnetischer Vorgänge, welche sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich verwendet werden können.

Die Studierenden können ausgehend von Lastenheften elektronischer Komponenten, von Fertigungsprozessen und von Kundenanforderungen Hochfrequenzschaltungen synthetisieren und deren tatsächliche Eigenschaften mit größtmöglicher Genauigkeit simulieren.

## Methodenkompetenz

Die Studierenden können selbstständig geeignete Berechnungsverfahren zur Beschreibung und Optimierung elektromagnetischer Schaltungen unter Vorgabe praktischer realer Randbedingungen anwenden und können insbesondere die Relevanz der dazu notwendigen Parameter einschätzen. Sie können kritisch simulierte und experimentell gefundene Resultate vergleichen und sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen auf wissenschaftlichem Niveau formulieren.

## Selbstkompetenz

Die Studierenden lernen, sich kritisch mit der Inkongruenz der tatsächlich persönlich erlangten und den gegebenen Zielen auseinanderzusetzen und daraus, anstatt zu verharren, selbstständig Wege zu weiteren Verbesserung zu finden.

## Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, sich hinsichtlich der Ziele, des Vorgehens, der Ergebnisse und weiterführender Schritte auf hohem fachlichen Niveau mit dem entsprechenden Expertenkreis auszutauschen.

## Lehrinhalte

Das Modul vermittelt die professionelle Entwicklung von Hochfrequenz- und Mikrowellenschaltungen.

- Kleinsignalverstärker (Stabilität, Gewinn, Rauschen)
- Großsignalbeschreibung von Halbleiterbauelementen wie Dioden, BJT (Großsignalersatzschaltbild nach Statz Rayethon), FET (verschiedene Kanalmodelle)
- Diskrete und verteilte passive Eintore, insbesondere Resonatoren
- Passive Zweitore, insbesondere Filter, Immitanzinverter, Wellenleitungsdiskontinuitäten
- Passive Dreitore wie Leistungsteiler, Di- und Duplexer, Zirkulatoren,
- Passive Viertore wie Delta-Sigma-Richtkoppler, Hybride
- Mischer
- Großsignalverstärker

## Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundkenntnisse der Elektrodynamik und der Schaltungstechnik

## Literatur

- Agilent Technologies, S-Parameter Design. Agilent AN 154.
- P. Antognetti and G. Massobrio. Semiconductor device modeling with SPICE. New York: McGraw-Hill, second edition 1993.
- Werner Bächtold. Mikrowellenelektronik. Vieweg, 2002.
- Rowan Gilmore and Les Besser. Practical Circuit Design for Modern Wireless Systems, volume II. Artech House, 2013.
- H. C. Graaff and W. J. Kloosterman. Modeling of the collector epilayer of a bipolar transistor in the mextram model. IEEE Transaction on Electron devices, ED-42:274, February 1995.

- P. C. Grossman and A. Oki. A large signal dc model for gaas/gaxal1-xas heterojunction bipolar transistors. Proceedings of the 1989 IEEE Bipolar Circuits and Technology, pages 258–262, September 1989.
- B. Huder. Grundlagen der Hochfrequenzschaltungstechnik. Oldenburgerverlag. Stephen A. Maas. The RF and Microwave Circuit Design Cookbook. Artech House, Boston London, 2005.
- Stephen A. Maas. Nonlinear Microwave and RF-Circuits Artech House, 2nd edition, 2003.
- George L. Matthaei, Leo Young, and E. M. T. Jones. Microwave Filters, Impedance–Matching, and Coupling Structures. Artech House, 1985.
- H. H. Meinke and F. W. Gundlach. Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, volume I-III. Springer-Verlag.
- M. David Pozar. Microwave Engineering. John Wiley & Sons, Inc..
- Simon Ramo, John R. Whinnery, and Theodore van Duzer. Fields and Waves in Communication Electronics. John Wiley and Sons, 1993.
- R. Saal. Handbuch zum Filterentwurf. Hüthig Verlag. H. Statz, P. Newman, I. Smith, R. Pucel, and H. Haus. GAAS fET device and circuit simulation in spice. IEEE Trans. on Electron Devices, ED-34:160–169, Feb. 1987.
- George D. Vedelin, Anthony M. Pavio, and Ulrich L. Rohde. Microwave Circuit Design Using Linear and Nonlinear Techniques. John Wiley and Sons, Inc., 1990.

# EL445: Elektrische Antriebe

<b>Modulbezeichnung</b>	Elektrische Antriebe
<b>Modulkürzel</b>	EL445
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Christoph Hackl
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Christoph Hackl, Prof. Dr. Dirk Hirschmann
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Nach der Teilnahme an der Lehrveranstaltung besitzen die Studierenden fundierte Kenntnisse und beherrschen Anwendungstechniken im Bereich der Modellierung und Regelung elektrischer Antriebssysteme.

Die Studierenden sind in der Lage, vorhandene und aufgefrischte Grundlagenkenntnisse über elektrische Maschinen, Leistungselektronik und Regelungstechnik auf Problemstellungen der elektrischen Antriebssysteme in z.B. Elektrofahrzeugen anzuwenden und zu erweitern.

Sie können das Zusammenwirken von Mechanik, elektromechanischen Energiewandlern, Leistungselektronik und deren Beeinflussung in einem elektrischen Antriebssystem durch Regelungstechnik analysieren und beurteilen.

Die Studierenden sind befähigt, die Analogie zwischen Gleichstrom- und Drehfeldmaschinen mithilfe der Beschreibung der Maschinen in verschiedenen (z.B. feldorientierten) Koordinaten zu verstehen.

Sie können elektrische Antriebssysteme modellieren und die mathematischen Modelle implementieren und Simulationen durchführen.

Sie sind in der Lage, Positions-/Geschwindigkeits- und Stromregelverfahren für elektrische Antriebe zu analysieren, zu beurteilen und zu implementieren (erschaffen).

## **Methodenkompetenz**

Die Studierenden können mathematische Berechnungen durchführen, dynamische Modelle (z.B. in Matlab/Simulink) implementieren und dynamische Simulationen durchführen und diese analysieren.

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden können mathematische Berechnungen durchführen, dynamische Modelle (z.B. in Matlab/Simulink) implementieren und dynamische Simulationen durchführen und diese analysieren.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers zu führen und im Team arbeiten zu können.

## **Lehrinhalte**

Die Lehrveranstaltung versteht sich als interdisziplinärer Brückenschlag der Gebiete elektrische Maschinen, Leistungselektronik und Regelungstechnik. Folgende interdisziplinäre Themen werden behandelt:

- Kernkomponenten und Grundstruktur elektrischer Antriebssysteme;
- Beschreibungsmethoden für den Antriebsstrang und das gesamte elektrische Antriebssystem;
- Projektierung elektrischer Antriebe; Erwärmung und Kühlung;
- Zustandsraumbeschreibung und dynamisches Verhalten ausgewählter elektrischer Maschinen und leistungselektronischer Stellglieder für Gleichstrom- und Drehfeldantriebe;
- Raumzeigertheorie und ausgewählte Modulationsverfahren;
- Dynamisches Verhalten geregelter elektrischer Antriebssysteme und Optimierung der Antriebsregelkreise für Drehmoment, Drehzahl und Position;
- Systeme zur Lage- und Winkelerfassung;
- Regelung bei elastischer Kopplung zur Arbeitsmaschine (elastische Mehr-Massen-Systeme);
- Feldorientierte Regelung von Asynchronmaschinen und (anisotropen) Synchronmaschinen (z.B. Permanent-/elektrisch-erregte Synchronmaschine und Reluktanz-Synchronmaschine);
- Grundlagen der geberlosen Regelung;
- Windup und Anti-Windup-Strategien bei Spannungs- und Strombegrenzung; und
- Grundlagen verlustminimierender Momentenvorsteuerverfahren (z.B. Maximum-Torque-per-Ampere, Feldschwächung, Maximum Current, Maximum-Torque-per-Voltage).

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlegende Kenntnisse zu elektrischen Maschinen, Leistungselektronik und Regelungstechnik (z.B. Besuch des MA-Moduls "Mechatronische Energiesysteme") sind hilfreich aber nicht notwendig für die Teilnahme an diesem Modul.

## **Literatur**

- Schröder, D. & Kennel, R.: Elektrische Antriebe - Grundlagen, Springer Verlag, 2021.
- Schröder, D. & Böcker, J.: Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen, Springer,

2021.

- Hackl, C.M.: Non-identifier based adaptive control in mechatronics: Theory and Applications, Springer International Publishing, 2017.
- Binder, A.: Elektrische Maschinen und Antriebe, Springer Verlag, 2018.

# EL450: Elektroakustik und Audiotechnik

<b>Modulbezeichnung</b>	Elektroakustik und Audiotechnik
<b>Modulkürzel</b>	EL450
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Norbert Geng
<b>Lehrende</b>	Axel Dehler, Prof. Dr. Norbert Geng
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (15 - 20 Seiten) (40%) und Präsentation (20 - 30 min) (60%), oder schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden besitzen Kenntnisse über die Umwandlung elektrischer in akustische Signale und umgekehrt (elektroakustische Wandler, Lautsprecher, Mikrofone etc.) sowie zur Weiterverarbeitung der dabei entstehenden Audiosignale (Verstärkung, Filterung, Digitalisierung, Codierung). Sie sind in der Lage, Komponenten und Systeme der analogen und digitalen Audiotechnik zu analysieren, zu bewerten und zu entwerfen.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden verknüpfen mechanische und elektrische Domänen und werden so befähigt, in Systemen zu denken.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte (z.B. aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Studien) selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren. Die Multidisziplinarität der Akustik fordert und fördert die Vernetzung von Wissen aus unterschiedlichen Domänen.

### Lehrinhalte

- Grundlagen des Schalls und der Signaldarstellung: Pegelrechnung, Schallsignale und –

- analyse im Zeit- und Frequenzbereich, Digitalisierung/Codierung;
- Schallstrahler, Schallausbreitung im Freien und in Räumen: Bau- und Raumakustik;
- Das Ohr als Informationsempfänger: Physiologie des Hörens und Sprechens, auditiver Signalweg, neurologische Verarbeitung von Schallereignissen zu Hörereignissen im menschlichen Gehör; Psychoakustik, musikalische Akustik;
- Medizinische Akustik, Hörhilfen;
- Schallwandler, Mikrofone, Lautsprecher, Audiotechnik zur Aufnahme, Wiedergabe und Speicherung von Schall, Audiosignalverarbeitung, Audiocodecs, analoge und digitale Komponenten;
- Betrachtungen zu Lärm und dessen Bekämpfung

Die theoretischen Inhalte werden anhand möglichst vieler Praxisbeispiele und Anwendungen dargestellt und in Versuchen vertieft. Exkursionen zu einschlägigen Firmen oder Institutionen runden mit konkreten Anwendungen aus der Praxis die Veranstaltung ab.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Physik, komplexe Wechselstromrechnung, Grundlagen der Nachrichtentechnik

## **Literatur**

- William M. Hartmann, Principles of Musical Acoustics, Springer, 2013
- Ivar Veit, Technische Akustik: Grundlagen der physikalischen, physiologischen und Elektroakustik, Vogel-Verlag, Würzburg, 2012
- Hugo Fastl und Eberhard Zwicker, Psychoacoustics: Facts and Models, Springer, 2007
- Stefan Weinzierl (Ed.), Handbuch der Audiotechnik (VDI-Buch), 2008
- Thomas Görne, Tontechnik, Hanser Verlag, 2015.

# EL455: Entwurf elektrischer Antriebssysteme

<b>Modulbezeichnung</b>	Entwurf elektrischer Antriebssysteme
<b>Modulkürzel</b>	EL455
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Dirk Hirschmann
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Dirk Hirschmann
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min mit FrwL (10 % Bonus, Ergänzender Test zu den Inhalten des Moduls)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden sind in der Lage, alle Komponenten, die zu einem elektrischen Antriebssystem gehören, zu benennen. Sie kennen die wichtigsten Einflussfaktoren, die beim Entwurf eines elektrischen Antriebssystems beachtet werden müssen. Die Studierenden können, basierend auf einem vorhandenen Lastprofil, die Anforderungen an die elektrischen sowie die mechanischen Komponenten eines Antriebssystems ableiten. Sie beherrschen die anwendungsspezifische Auswahl elektrischer Maschinen und kennen die grundlegenden Designparameter einer elektrischen Maschine und können diese selber entwerfen.

Die verschiedenen mechanischen Übertragungselemente mit ihren Vor- & Nachteilen sind den Studierenden ebenfalls bekannt. Sie können die anwendungsspezifische Auswahl eines Getriebes mit einer geeigneten Übersetzung durchführen.

Die Studierenden können die zur Ansteuerung der elektrischen Maschine verwendete Leistungselektronik auswählen und ggf. auch auslegen. Ihre Kenntnis beschränkt sich hierbei nicht nur auf den Antriebswechselrichter sondern umfasst ebenfalls die Einspeisung, EMV- und Schutzmaßnahmen. Die für diesen Bereich geltenden Normen und Gesetze sind den Studierenden geläufig.

## **Methodenkompetenz**

Nach dem Besuch der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, komplexe Aufgaben auf deren Kernelemente, welche primär für die erfolgreiche Umsetzung der Aufgabe erforderlich sind, zu reduzieren. Die so gewonnenen Kernelemente können sie nach ihrer Wichtigkeit strukturieren und mit den möglichen Lösungsalternativen abgleichen um eine – im Rahmen des technisch Machbaren – optimale Lösung zu finden.

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden können sich in für sie unbekannte Themenbereiche einarbeiten und das erlernte Wissen sinnvoll strukturieren.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, in interdisziplinären Teams Projekte zielgerichtet und erfolgreich zu bearbeiten. Sie sind in der Lage komplexe Sachverhalte auch fachfremden Personen so zu präsentieren, dass diese die wichtigsten Punkte verstehen.

## **Lehrinhalte**

- Grundlagen elektrischer Antriebssysteme
- Randbedingungen bei der Auswahl und Auslegung elektrischer Antriebssysteme
- Ableitung der Anforderungen an ein elektrisches Antriebssystem
- Anwendungsspezifische Auswahl eines Getriebes
- Anwendungsspezifische Maschinenauswahl
- Maschinendesignparameter und deren Einfluss auf die Maschine
- Anwendungsspezifische Auswahl einer Leistungselektronik
- Designparameter bei der Auslegung einer Leistungselektronik für den Einsatz in einem elektrischen Antrieb

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundkenntnisse zu elektrischen Maschinen und zur Leistungselektronik

## **Literatur**

- Mansius, R. : Praxishandbuch Antriebsauslegung, Vogel Buchverlag, 2012
- Weidauer, J. : Elektrische Antriebstechnik, Siemens, 2008
- Garbrecht, F. : Auswahl von Elektromotoren - leicht gemacht, VDE Verlag, 2008

# EL460: Fehlersicherung und Codierung

<b>Modulbezeichnung</b>	Fehlersicherung und Codierung
<b>Modulkürzel</b>	EL460
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Arne Striegler
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Arne Striegler
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen ausgehend von der Codierungstheorie die Möglichkeiten und Grenzen der Fehlersicherung und beherrschen die Verfahren, die tatsächlich Anwendung finden (Paritycheck, Blocksummen-Check, Cyclic Redundancy Checksum etc.) und sind in der Lage, derartige Codes zu erzeugen und zu decodieren.

Die Studierenden beherrschen wesentliche Elemente der Videocodierung und Datenreduktion. Sie besitzen die Fähigkeit, auf diesem speziellen Gebiet verschiedene Codes zu erzeugen und zu decodieren und sind in der Lage, den Einsatz verschiedener Codierschemen für bestimmte Fälle nach Aufwand und Leistungsfähigkeit zu analysieren und zu beurteilen.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können nachrichtentechnische Problemstellungen der Kodierung mathematisch konsistent formulieren. Sie können deren Lösungswege nachvollziehen und zu neuartige Fragestellungen eigene Lösungswege finden. Hierzu erlernen Sie diese mathematisch zu formulieren und diese anschließend mit anderen Lösungen zu vergleichen und deren Vor- und Nachteile zu erkennen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren. Sie erlernen Lösungswege an unterschiedliche Fragestellungen anzupassen.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können.

## **Lehrinhalte**

- Kanalmodelle und Kanalkapazität
- Fehlererkennung und Fehlerkorrektur
- Erzeugung von Block- und Faltungscodes, Turbocodes, LDPC-Codes
- Decodierverfahren
- Reduktion von Redundanz und Irrelevanz
- Prinzipien der Bild- und Videocodierung
- Einsatz in digitalen Systemstandards

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundkenntnisse zur Nachrichtentechnik

## **Literatur**

- Schneider-Obermann, H.: Kanalcodierung. Vieweg
- Bernd Friedrichs, Kanalcodierung, SpringerDankmeier, W.: Codierung. Vieweg

# EL465: Mobile Funksysteme

<b>Modulbezeichnung</b>	Mobile Funksysteme
<b>Modulkürzel</b>	EL465
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT, AT
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch oder englisch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Christian Kißling
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Christian Kißling
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 20 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studentinnen und Studenten kennen und verstehen die grundlegenden Effekte, die in mobilen Funkkanälen auftreten, die daraus resultierenden Herausforderungen und die technischen Konzepte, mit welchen den Widrigkeiten bei der Mobilfunkübertragung entgegengewirkt werden kann.

Die Studentinnen und Studenten kennen und verstehen die Mechanismen zur Sicherstellung von Dienstqualität, Optimierung der Ressourcennutzung und Mobilität.

Sie sind mit den technischen Fachbegriffen vertraut und können existierende sowie neue Funksysteme verstehen, analysieren und die technischen Konzepte der mobilen Funkübertragung anwenden.

Sie sind in der Lage, die Eignung bestimmter Funkübertragungsmethoden auf konkrete Anwendungsfälle bezogen zu beurteilen und Funkübertragungssysteme entsprechend auszulegen.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer können die Auswirkungen der technischen Konzepte auf Systemebene beurteilen und sind in der Lage, selbstständig technische Konzepte zur mobilen Funkübertragung zu erstellen, umzusetzen und aktuelle Entwicklungen in der Standardisierung zu verstehen, zu bewerten und zu nutzen.

### Methodenkompetenz

Die Studentinnen und Studenten können Mobilfunksysteme mathematisch analysieren, Modelle von

Funksystemen erstellen, dimensionieren und beurteilen.

## **Selbstkompetenz**

Die Studentinnen und Studenten können sich auch in fremde und neue Themenbereiche der Funkdatenübertragung einarbeiten und das erlernte Wissen sinnvoll und zielgerichtet einsetzen.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung ermöglicht den Studentinnen und Studenten die Anwendung des Gelernten in kleinen Teams sowie die Präsentation der Fachinhalte und das Führen von fachlichen Diskussionen.

## **Lehrinhalte**

- Eigenschaften des Übertragungskanal in mobilen Funksystemen und Kanalmodelle zur Vorhersage der Signalausbreitung (large-scale propagation, small-scale propagation, Fading-Modelle, WSSUS Modell)
- Maßnahmen zur Störfestigkeit, zum Fehlerschutz und zur Effizienzsteigerung (Diversity, Multiple-Input-Multiple-Output (MIMO), Kanalkodierung, Entzerrung, Automatic Repeat Requests (ARQ))
- Mediumzugriffsverfahren in mobilen Funksystemen (TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA)
- Zellbasierte Funknetzplanung (Frequenzwiederverwendung, Link Budgets)
- Ressourcenmanagement (Scheduling, Resource Assignment Strategies, Quality of Service, Wartesysteme)
- Netzwerk-Mobilität (Mobile IP, Mobilität in GSM, UMTS und LTE, Handover zwischen Funkzellen)
- Einsatz der behandelten technischen Konzepte und Mechanismen in aktuell relevanten drahtlosen Übertragungsstandards, wie z.B. Wireless-LAN, Bluetooth, GSM, UMTS, LTE, LoRa

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen der Nachrichtentechnik, Kommunikationssysteme, digitale Übertragungstechnik, Signale und Systeme

## **Literatur**

- A. Molisch, "Wireless Communications", Wiley & Sons, 2011
- Goldsmith, "Wireless Communications", Cambridge University Press, 2005
- T. Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice", Prentice Hall, 2002.A.
- J. Proakis, "Grundlagen der Kommunikationstechnik", Pearson Studium, 2003.
- J. Proakis, M. Salehi, "Digital Communications", 5th Edition, McGraw-Hill
- R. Blake, "Wireless CommunicationTechnology", Delmar, 2001.
- P. Höher, "Grundlagen der digitalen Informationsübertragung", Vieweg+Teubner, 2013.
- M. Sauter, "Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme", Springer, 2015.

# EL470: Computer Vision

<b>Modulbezeichnung</b>	Computer Vision
<b>Modulkürzel</b>	EL470
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT, AS, EM, AT
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	Englisch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Fabian Flohr
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Fabian Flohr, Prof. Dr. Alfred Schöttl
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht und Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min mit FrwL (10 % Bonus, Praktische Kenntnisstandsüberprüfung im Labor und Ergänzende Dokumentation zu den Inhalten des Moduls)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen und verstehen etablierte Methoden des computerbasierten Sehens (Computer Vision). Sie erlernen Verfahren zur Extraktion und Registrierung von aussagefähigen Bildmerkmalen sowie Verfahren zur Segmentierung von homogenen oder semantisch ähnlichen Bildbereichen. Die Studierenden kennen diverse Klassifikations- und Detektionsverfahren und setzen diese in Kombination mit den extrahierten Bildmerkmalen zur Objektklassifikation und -detektion ein. Die Studierenden kennen Verfahren zur 3d-Rekonstruktion auf Basis mehrerer Kamerabilder. Sie erlernen Verfahren zur Bewegungsschätzung und zur Verfolgung von interessanten Bildstrukturen und Objekten in Videosequenzen. Die Studierenden besitzen die Fähigkeit zur Analyse und Synthese komplexer Bildverarbeitungssysteme sowie zum Entwurf, Aufbau und zur Inbetriebnahme von kamerabasierten Lösungen in verschiedenen Anwendungsbereichen, z.B. Videoüberwachung, intelligente Fahrzeuge, Mensch-Maschine-Schnittstellen und Qualitätskontrolle. Sie beherrschen aktuelle Entwicklungsumgebungen und sind in der Lage, mit aktuellen Werkzeugen der Bildverarbeitung und Mustererkennung umzugehen.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden sind in der Lage, sich eigenständig neue Methoden anzueignen und Problemlösungen zu erarbeiten. Sie können die dazu nötigen Arbeitsschritte identifizieren und auch

in neuen und unvertrauten sowie fachübergreifenden Kontexten zielgerichtet planen und durchführen. Die Studierenden sind in der Lage ihren Arbeitsprozess methodisch zu reflektieren.

### **Selbstkompetenz**

Die Studierenden können ihre eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten reflektieren und damit zielorientiert in entsprechenden Projekten platzieren.

### **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können.

### **Lehrinhalte**

- Projektive Geometrie (2D, 3D)
- Kameramodell und Kamerakalibrierung
- Merkmalsextraktion und -matching
- Bildsegmentierung
- Klassifikation und Detektion
- 3d-Rekonstruktion
- Bewegungsschätzung und Tracking
- Algorithmen auf Punktwolken

### **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Erforderlich: Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung, Kenntnisse zu Programmieren in Python.

### **Literatur**

- D. Forsyth, J. Ponce: Computer Vision: A Modern Approach (2nd edition), Pearsons (2012).
- R. Szeliski: Computer Vision: Algorithms and Applications (2nd edition), Springer Verlag (2021).
- R. Hartley, A. Zisserman: Multiple View Geometry in Computer Vision (2nd edition), Cambridge University Press (2011).
- R. Gonzalez, R. Woods: Digital Image Processing (4th edition) , Pearson (2018).

# EL471: Autonomous Driving / Autonomes Fahren

<b>Modulbezeichnung</b>	Autonomous Driving / Autonomes Fahren
<b>Modulkürzel</b>	EL471
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT, AS, EM, AT
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	Englisch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Fabian Flohr
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Fabian Flohr, Prof. Dr. Alfred Schöttl
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht und Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (50%) und schriftliche Prüfung 60 min (50%), oder mündliche Prüfung (100%)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen den Aufbau moderner automatisierter Fahrzeuge. Sie können Vor- und Nachteile verschiedener Sensortypen nennen und den grundlegenden Aufbau der Fahrzeugsystemarchitektur beschreiben.

Sie kennen und verstehen die fundamentalen Konzepte, Algorithmen und Herausforderungen der funktionalen Wirkkette (Perzeption, Prädiktion und Planung) eines selbstfahrenden Fahrzeugs.

Die Studierenden kennen und verstehen Computer-Vision Techniken zur dreidimensionalen Wahrnehmung der Umgebung und der Detektion von Objekten mit Hilfe von tiefen neuronalen Netzen. Die Studierenden kennen und verstehen Prädiktionsverfahren, um das Verhalten relevanter Objekte vorherzusagen. Weiter kennen und verstehen Sie die Funktionsweise von Algorithmen zur Trajektorien- und Bewegungsplanung.

Die Studierenden verstehen die Relevanz der (richtigen) Daten und kennen Verfahren, diese Daten über Annotations-Workflows oder über die Simulation zu generieren oder anzureichern. Weiter kennen die Studierenden die grundlegende Funktionsweise von modernen Simulationsumgebungen zur Validierung dieser Architekturen.

Die Studierenden können die erlernten Konzepte in konkreten Praxisbeispielen anwenden und eigene Lösungsansätze identifizieren und entwickeln.

## **Methodenkompetenz**

Die Studierenden erwerben grundlegende Kompetenzen in der interdisziplinären Problemlösung, indem sie Wissen und Techniken aus verschiedenen Bereichen wie Computer Vision, Robotik und Simulation integrieren, um effektive Lösungen für Wahrnehmungs-, Vorhersage- und Planungsherausforderungen für das autonome Fahren zu entwickeln.

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage, neben eigenständiger Problemlösung, spezifische Probleme im Zusammenhang mit autonomen Fahrzeugen zu identifizieren, zu bearbeiten und erfolgreich dem richtigen Teil der Wirkungskette zuzuordnen.

## **Sozialkompetenz**

Die Studierenden sind in der Lage, effektiv im Team zusammenzuarbeiten, Experimente durchzuführen, Ideen klar zu kommunizieren und an Diskussionen über autonomes Fahren teilzunehmen. Die Arbeit im begleitenden Praktikum fördert dabei diese Kompetenzen. Weiterhin sind die Studierenden sich der ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen des autonomen Fahrens bewusst und können Aspekte wie Sicherheit und Datenschutz mit in Betracht ziehen.

## **Lehrinhalte**

- Überblick Autonomes Fahren
- Aufbau eines autonomen Fahrzeugs (Fokus auf Sensorik und Systemarchitektur)
- Dreidimensionale Objekterkennung
- Zeitreihenanalyse zur Vorhersage des Objektverhaltens
- Bewegungs- und Trajektorienplanung
- Simulation
- Ethische und rechtliche Implikationen des autonomen Fahrens

Die erlernten Konzepte werden in den Praxisveranstaltungen vertieft. Es werden Teile eines Software-Stacks für ein selbstfahrendes Modellfahrzeug entwickelt.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

- Kenntnisse der Programmiersprache Python
- Grundlagen des maschinellen Lernens und der digitalen Bildverarbeitung

## **Literatur**

- Maurer M., et al.: “Autonomous driving: technical, legal and social aspects”, Springer Nature, 2016.
- Ventori L., and Korda C.: “Hands-On Vision and Behavior for Self-Driving Cars: Explore visual perception, lane detection, and object classification with Python 3 and OpenCV 4”, Packt Publishing, 2020.
- Goodfellow I., Yoshua B., and Aaron C.: “Deep learning”, MIT Press, 2016.
- Szeliski R.: “Computer Vision: Algorithms and Applications”, Vol. 2, Springer, 2021.
- Eskandarian A. (ed.), “Handbook of intelligent vehicles” Vol. 2, Springer, 2012.

- Janai J., et al.: “Computer vision for autonomous vehicles: Problems, datasets and state of the art”, nowpublishers.com, 2020.

# EL475: Human Machine Interfaces

<b>Modulbezeichnung</b>	Human Machine Interfaces
<b>Modulkürzel</b>	EL475
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, KT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	LBA M.Sc. Walter Tasin
<b>Lehrende</b>	LBA M.Sc. Walter Tasin
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (67 %) und schriftliche Prüfung 30 min (33 %)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen neben den bekannten Mensch-Maschine-Schnittstellen wie z.B. Tastatur, Maus, Bildschirm, Drucker auch moderne und innovative Schnittstellen sowie deren Klassifizierung.

Sie können eine geeignete Auswahl für entsprechende Anwendungsfälle (unter Gesichtspunkten wie Funktionalität, Ergonomie und Berücksichtigung individueller Nutzerbedürfnisse) treffen und diese bewerten.

Außerdem sind die Studierenden in der Lage, IT-Systeme nach der Bewertung mit geeigneten Mensch-Maschine-Schnittstellen zu realisieren bzw. diese dahingehend zu erweitern.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können mithilfe der vermittelten schriftlichen Präsentationsmethoden Arbeitsschritte des Projekts auch interdisziplinär geeignet darstellen. Die Studierenden sind ebenso in der Lage unvertraute Problemstellungen in fachübergreifendem Kontext zielgerichtet zu planen und durchzuführen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und diese in einen fachübergreifenden Kontext zu setzen.

## **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu präsentieren und zu verbalisieren, um fakultätsübergreifende Fachdiskussionen führen zu können und interdisziplinär in Teams zusammen zu arbeiten.

## **Lehrinhalte**

- Haptik, Taktik, Gestik sowie visuelle/auditive Wahrnehmung als Ein-/Ausgabemöglichkeiten eines IT-Systems
- Einführung in moderne computergestützte Benutzerschnittstellen: z. B. Natural User Interface (Touchscreen), wahrnehmungsgesteuerte Benutzerschnittstelle, gegenständliche Benutzerschnittstelle
- Ergonomie der Mensch-System-Interaktion: Überlegungen zu Design und Aufbau innovativer Mensch-Maschine-Schnittstellen.
- Styleguide der SW-Ergonomie (z. B. CUA – Common User Access, Aufbau einer GUI-Anwendung) Farb- und Formkennzeichnung für Schnittstellen (s. VDE 0199, VDE 0113 Teil 1)
- Betrachtung individueller Bedürfnisse und Probleme besonderer Benutzergruppen und barrierefreie Gestaltung
- Menschzentrierte Softwareentwicklung

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen Programmieren. Wünschenswert: Kenntnisse in objektorientierter Programmierung

## **Literatur**

- Andreas M. Heinecke; Mensch-Computer-Interaktion: Basiswissen für Entwickler und Gestalter, Springer Berlin Heidelberg; Auflage: 2 (2011); ISBN 978-3-642-13506-4
- Paul Chlebek; Praxis der User-Interface Entwicklung, Vieweg + Teubner Verlag; 1. Auflage 2011; ISBN 978-3-8348-0728-1
- M. Richter, M. Flückiger; Usability Engineering kompakt; Springer Berlin Heidelberg; 3. Auflage (2013); ISBN 978-3-642-34831-0
- DIN EN ISO-9241: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion; BeuthISO TS 16071: Ergonomics of human-system interactions for human-computer interfaces; ISO Verordnung zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz, BGBl I 2002, 49

# EL480: Internet-Technologie

<b>Modulbezeichnung</b>	Internet-Technologie
<b>Modulkürzel</b>	EL480
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, KT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	LBA M.Sc. Walter Tasin
<b>Lehrende</b>	LBA M.Sc. Walter Tasin
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden besitzen Kenntnisse über Aufbau, Funktionsweise und Programmierung von Internet-Servern sowie über Protokolle der höheren Schichten. Sie beherrschen die Grundlagen der Programmierung von Netzwerk-Anwendungen (Client/Server, verteilte Systeme) und dynamischen Web-Anwendungen (CGI-Programme, Web-Formulare etc.). In diesem Rahmen kennen und verstehen sie die Arbeitsweise von Datenbank-Systemen. Des weiteren sind ihnen die damit zusammenhängenden Aspekte, wie komplexe Lastmessung und Sicherheit, vertraut.

Die Studierenden sind in der Lage, Internet-Server und -Clients auf der Basis des TCP/IP-Protokolls zu programmieren. Weiterhin besitzen Sie Kompetenzen auf dem Gebiet der Programmierung datenbankgestützter Internet-Applikationen (sogenannte Web-Anwendungen) und in der Skript-Programmierung.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden sind in der Lage Ihren Arbeitsprozess methodisch zu reflektieren und Lösungen zu neue Aufgabenstellungen zielgerichtet zu entwickeln.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren.

## Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und in Gruppen zu diskutieren.

## Lehrinhalte

Basierend auf den Internetstandards (RFCs) werden die Implementierung höherer WAN-Protokolle (z.B. SMTP, FTP, HTTP, NNTP, DNS, DHCP) und der Aufbau und Arbeitsweise von Internet-Servern auf der Basis von TCP/IP und UNIX systematisch untersucht und klassifiziert.

Mithilfe der Programmiersprache Python und JavaScript/jQuery werden zunächst einfache Client-Server-Anwendungen erstellt. Anschließend wird das Konzept des Common Gateway Interface (CGI) in Verbindung mit Web-Formularen behandelt.

Nach ersten kleinen Webanwendungen erhalten die Studierenden eine Einführung in Datenbanksysteme (Grundlagen, Modellierung, Anwendung) und programmieren datenbankgestützte Web-Anwendungen mithilfe von server- und clientseitigen Frameworks.

Abschließend werden Sicherheitskonzepte erläutert und Methoden der Lastmessung und Netzwerküberwachung besprochen.

## Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundkenntnisse Programmieren

## Literatur

- Antonio Melé: Django 3 By Example: Build powerful and reliable Python web applications from scratch, Packt Publishing
- Jörg Holzmann/Jürgen Plate: Linux-Server für Intranet- und Internet, Hanser-VerlagW.  
Richard Stevens: Programmieren von UNIX-Netzen, Hanser-Verlag
- Martin Gräfe: C und Linux, Hanser-Verlag
- Lincoln D. Stein: Network Programming with Perl, Verlag Addison-Wesley
- James F. Kurose/Keith W. Ross: Computernetze, Prentice Hall (Pearson Studium)
- Anonymous: Der neue Linux Hacker's Guide, Markt und Technik
- Roger P. Wormwood: The World Before the Internet and Other Frightening Tales, Paris (Texas), SNAFU Publishing Group, 2009

# EL490: Kryptologie

<b>Modulbezeichnung</b>	Kryptologie
<b>Modulkürzel</b>	EL490
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Helmut Kahl
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Helmut Kahl, Prof. Dr. Klaus Ressel
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen und verstehen kryptografische Verfahren und Methoden sowie deren mathematische Grundlagen. Die Studierenden sind in der Lage, kryptologische Verfahren anzuwenden, zu bewerten und zu analysieren. Sie besitzen das Rüstzeug für den sinnvollen Einsatz der Verfahren in der Praxis.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Berechnungen und Argumentationsketten in schriftlichen Ausarbeitungen mathematisch formgerecht darstellen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren.

### Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen führen zu können.

### Lehrinhalte

- Grundbegriffe der Kryptologie
- Grundlegende Protokolle

- Spezielle mathematische Grundlagen
- Bekannte symmetrische und asymmetrische Verfahren
- Identitätsbasierte Kryptographie u.a.

Die Vorlesung wird ergänzt durch praktische Übungen (u. a. Kryptoanalyse) und den Einsatz von Krypto-Software.

## **Literatur**

- RA. Beutelspacher et al.: Moderne Verfahren der Kryptographie (1999), Vieweg-Verlag
- J. Buchmann: Einführung in die Kryptographie (2004), Springer Verlag
- R. Matthes: Algebra, Kryptologie und Kodierungstheorie (2003), Fachbuchverlag Leipzig
- B. Schneier: Angewandte Kryptographie (2006), Pearson Studium

# EL500: Maschinelles Lernen und Deep Learning

<b>Modulbezeichnung</b>	Maschinelles Lernen und Deep Learning
<b>Modulkürzel</b>	EL500
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung EM, KT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch (englische Unterlagen)
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Alfred Schöttl
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Alfred Schöttl
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min, oder mündliche Prüfung

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden besitzen einen Überblick über neuronale Netze und deren Algorithmen für supervised und unsupervised Anwendungen. Sie kennen die wichtigsten Deep Learning Netzstrukturen und Lernverfahren. Sie können Deep Learning Systeme erstellen und anwenden sowie die Lernperformance bewerten. Sie können Datenpipelines für einfache Anwendungen erstellen. Sie besitzen Kenntnisse in der Verarbeitung von sequentiellen Daten. Die Studierenden können ein Deep Learning System mit einem Framework programmieren.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können konkrete Aufgabenstellungen in eine für Maschinelle-Lernen-Anwendungen geeignete mathematische Problemstellung transformieren. Die Studierenden können die Ergebnisse von Maschinellen-Lern-Methoden interpretieren.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, den eigenen Wissensstand einzuschätzen, Lücken zu erkennen und aufzuarbeiten. Sie lernen verschiedene Methoden der Erarbeitung eines neuen Stoffs kennen und sich eigenständig zu organisieren.

### Sozialkompetenz

Die Studierenden erlernen, die Fachinhalte in Gruppen zu diskutieren und Wissenslücken

gegenseitig zu schließen.

## **Lehrinhalte**

- Grundlagen künstlicher neuronaler Netze
- Deep Learning Netzstrukturen
- Deep Convolutional Netze
- Rekurrente Netze mit LSTM Einheiten
- Attention und Transformer
- Generative Modelle
- Anwendungen in verschiedenen Domänen
- Nutzung von Programmierframeworks

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Erforderlich: Kenntnisse zu Programmieren in Python. Wünschenswert: Grundkenntnisse in Bildverarbeitung und Statistik

## **Literatur**

- Ethem Alpaydin: Introduction to Machine Learning. MIT Press 2010.
- Christopher M. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer Verlag 2006.
- Christopher M. Bishop: Neural Networks for Pattern Recognition. Clarendon Press 1996.
- Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman: The Elements of Statistical Learning. Springer Verlag 2011.
- Daphne Koller, Nir Friedman: Probabilistic Graphical Models. MIT Press 2010.
- Kevin P. Murphy: Machine Learning: A Probabilistic Perspective. MIT Press 2012.

# EL505: Mechatronische Energiesysteme

<b>Modulbezeichnung</b>	Mechatronische Energiesysteme
<b>Modulkürzel</b>	EL505
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Christoph Hackl
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Christoph Hackl
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Nach der Teilnahme an der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage das Zusammenwirken mechanischer und elektrischer Teilsysteme in mechatronischen Energiesystemen zu verstehen und zu analysieren.

Sie können mathematische Modelle mechanischer als auch elektrischer Komponenten und deren Systemkopplung zu erinnern, zu verstehen, zu analysieren und zu erstellen (erschaffen).

Die Studierenden sind befähigt, die Merkmale und das Betriebsverhalten dieser (Sub-)Systeme zu analysieren und zu beurteilen und adäquate Regelalgorithmen zu erinnern, zu verstehen und zu entwickeln (erschaffen).

Insgesamt können die Studierenden ihre vorhandenen und erlernten Kenntnisse aus der Regelungstechnik, der Antriebstechnik und der Leistungselektronik auf Problemstellungen von mechatronischen Energiesystemen übertragen und anwenden. Damit können sie solche Systeme analysieren, bewerten und optimieren. Konkret sind Studierende nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung "Mechatronische Energiesysteme" in der Lage:

- die Funktionsweise von mechatronischen Energiesystemen (z.B. Windkraftanlagen) zu erinnern, zu verstehen und zu analysieren,
- deren zustandsraum-basierte Modellierung zu analysieren und zu erstellen (erschaffen) und z.B. als dynamische Simulationsmodelle zu implementieren;
- grundlegende Regelungskonzepte für die mechanischen und elektrischen Komponenten zu

- verstehen, anzuwenden und zu implementieren;
- die übergeordnete Steuerung von mechatronischen Energiesystemen zu verstehen, zu analysieren und zu implementieren (erschaffen);
- den Leistungsfluss und die Effizienz des Gesamtsystems und der einzelnen mechanischen und elektrischen Komponenten zu verstehen, zu analysieren und zu optimieren.

### **Methodenkompetenz**

Die Studierenden können mathematische Berechnungen durchführen, dynamische Modelle (z.B. in Matlab/Simulink) implementieren und dynamische Simulationen durchführen und diese analysieren.

### **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren.

### **Sozialkompetenz**

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers zu führen und im Team arbeiten zu können.

### **Lehrinhalte**

Das Modul "Mechatronische Energiesysteme" behandelt Funktion, Modellierung und Regelung ausgewählter mechatronischer Energiesysteme (z.B. Gas-/Wasserkraftwerke, Windkraftanlagen, Wellenkraftwerke oder auch Elektrofahrzeuge). Hierzu werden ausgewählte Schwerpunkte der höheren Mechanik (z.B. Grundlagen der Bewegungsgleichungen, Mehrkörpersysteme mit elastischer Kopplung, Mehrmassenschwinger), elektrischer Maschinen (dynamisches Betriebsverhalten, Drehmoment-, Strom- & Drehzahlregelung) und der Leistungselektronik (z.B. maschinen-, netz- und speicher-seitige Umrichtertopologien mit gemeinsamen Spannungszwischenkreis, Modulationsverfahren, Wirk- und Blindleistungssteuerung) diskutiert, um ein vertiefendes Verständnis des gesamten Elektroenergiesystems und des darin vorherrschenden Energieflusses zu entwickeln.

Die Inhalte der Veranstaltungen sind:

- Funktionsprinzipien ausgewählter mechatronischer Energiesysteme und deren Modellbildung im Zustandsraum;
- Regelung der mechanischen und elektrischen Komponenten ausgewählter mechatronischer Energiesysteme (z.B. bei Windkraftanlagen: Maximum Power Point Tracking, aktive Schwingungsbedämpfung im Antriebsstrang oder Pitchsystem, Zwischenkreisspannungsregelung, netzseitige Kompensation von Harmonischen, Blindleistungssteuerung);
- Übergeordnete leistungsoptimale Steuerung und Betriebsführung ausgewählter mechatronischer Energiesysteme (z.B. optimale Sollwertgenerierung zur Effizienzsteigerung).

### **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlegende Kenntnisse zu mechanischen Systemen, elektrischen Maschinen, Leistungselektronik

und Regelungstechnik (z.B. Besuch des MA-Moduls "Elektrische Antriebe") sind hilfreich aber nicht notwendig für die Teilnahme an diesem Modul.

## Literatur

- Schröder, D. & Böcker, J.: Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen, Springer-Verlag, 2021.
- Hackl, C.M.: Non-identifier based adaptive control in mechatronics: Theory and Applications, Springer International Publishing, 2017.
- Schiehlen et al.: Technische Dynamik: Modelle für Regelung und Simulation, Vieweg+Teubner Verlag, 2020.
- Hering, S.: Taschenbuch der Mechatronik, Hanser, 2005.
- Woernle, C.: Mehrkörpersysteme: Eine Einführung in die Kinematik und Dynamik von Systemen starrer Körper, Springer-Verlag, 2022.

# EL510: Nachhaltige Energiesysteme

<b>Modulbezeichnung</b>	Nachhaltige Energiesysteme
<b>Modulkürzel</b>	EL510
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Simon Schramm
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Simon Schramm, Prof. Hermann Wagenhäuser
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Seminararbeit mit Präsentation (50%) und schriftliche Prüfung 60 min (50%)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen die wesentlichen wirtschaftlichen und technischen Grundlagen als Notwendigkeit für ein nachhaltiges Energiesystem. Sie kennen und verstehen die wesentlichen Säulen eines nachhaltigen Energiesystems: Erzeugung, Verteilung und Speicherung von Energie.

Sie kennen die wichtigsten Systeme nachhaltiger Energiegewinnung (Biomasse, Solarthermie, Photovoltaik, energieeffiziente Gebäudetechnik, Wind- und Wasserkraft, etc.) nicht nur theoretisch, sondern können sie auch praxisnah berechnen und anwenden. Die Studierenden sind in der Lage, deren Zusammenspiel sowie die Herausforderungen durch die Umstellung von konventionellen auf nachhaltige Energiesysteme technisch zu analysieren, zu diskutieren und zu bewerten.

### Methodenkompetenz

### Selbstkompetenz

Die Studierenden erarbeiten selbstständig einen für sie neuen Sachverhalt im Rahmen der Seminararbeit, angelehnt an die im ersten Teil vermittelten Grundlagen der Energietechnik. Dabei organisieren sich die Arbeitsgruppen selbst, um mittels strukturierte Vorgehensweise umfangreiche Themen sinnvoll aufzuarbeiten, und wesentliche Erkenntnisse der Fragestellung zu identifizieren, und kritisch zu bewerten.

## **Sozialkompetenz**

Im Rahmen des Seminararbeitsteils erarbeiten die gemischten Arbeitsgruppen aktuelle Themen anhand von öffentlichen Studien oder wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Die arbeitsteilige Bearbeitung benötigt ausreichend Kommunikationsfähigkeit, aber auch Teamfähigkeit, um die unterschiedlichen Kompetenzen der Gruppe für die gemeinsame Arbeit zu mobilisieren, learning by doing.

## **Lehrinhalte**

Das Modul teilt sich in zwei Teile:

Im ersten Teil - Energietechnik BASIS - werden ein grundlegendes Verständnis des elektrischen Energiesystems incl. rechtliche Rahmenbedingungen, Aufbau und Funktionsweise des elektrischen Systems, sowie mögliche nachhaltige Erzeugungstechnologien im Rahmen vorgestellt, und mit Kennzahlen bewertet werden.

Im zweiten Teil der Vorlesung - Seminararbeit - werden im Rahmen von Gruppenarbeiten aktuelle, relevante Themen aus dem Feld der nachhaltigen Energiesysteme im Rahmen einer Seminararbeit erarbeitet, und durch Präsentationen mit den anderen Studierenden geteilt. Die konkreten Themenstellungen werden zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Die beiden Teile sind auch in der Prüfungsnote gleichberechtigt.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlegende Kenntnisse zu regenerativer Energieumwandlung

## **Literatur**

- P. Konstantin: Praxisbuch Energiewirtschaft, 2009
- U. Wagner: Nutzung regenerativer Energien, 2009
- W. Ströbele, W. Pfaffenberger, M. Heuterkes: Energiewirtschaft, 2010
- H. Watter: Nachhaltige Energiesysteme, 2009
- G. Reich: Regenerative Energietechnik, 2013
- M. Sterner, I. Stadler: Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration, 2014

# EL515: Netzbetrieb und Smart Grids

<b>Modulbezeichnung</b>	Netzbetrieb und Smart Grids
<b>Modulkürzel</b>	EL515
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung EM, KT, RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Georg Kerber
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Georg Kerber, Prof. Dr. Stephanie Uhrig
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	mündliche Prüfung 20 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Mit dem Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien werden die bisher weitgehend auf zentralen Großkraftwerken durch eine Vielzahl dezentraler Erzeugungsanlagen mit oft stark fluktuierender Energiebereitstellung ersetzt.

Die Studierenden sind mit den geänderten Herausforderungen für die Netzbetriebsführung vertraut. Sie wissen, unter welchen Bedingungen die Netzstabilität gegeben ist.

Ferner ist ihnen bekannt, wie Übertragungs- und Verteilnetze ausgebaut und zu sogenannten Smart Grids weiterentwickelt werden. Die Studierenden kennen die Anforderungen, insbesondere im Bereich der Verteilnetze sowie mögliche Lösungsansätze.

Sie sind in der Lage, diese mathematisch zu beschreiben. Sie verstehen den grundsätzlichen Aufbau und die Funktionsweise künftiger Netze der elektrischen Energieversorgung und können geeignete Methoden zur Berechnung solcher Netze auswählen und anwenden.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Energieübertragungsnetze mit ihren wesentlichen Charakteristiken beschreiben, sowie auch den jeweiligen Netzzustand einschätzen. Ferner sind sie in der Lage, die Wirkung verschiedenster Einflüsse auf den Netzbetrieb und die Netzstabilität selbstständig darzulegen und ggf. zu berechnen. Ebenso kann das Potenzial neuer, innovativer Betriebsmittel und Strategien analysiert und abgeschätzt werden.

## **Selbstkompetenz**

Im Rahmen der Vorlesung werden grundlegende, allgemeingültige Sachverhalte bezüglich der Energieversorgungsnetze und deren Betrieb vermittelt. Die Studierenden werden befähigt, das erworbene Wissen auf unbekannte Netze zu übertragen, z.B. das Verhalten in verschiedenen Spannungsebenen oder in unterschiedlichen Ländern eigenständig einzuschätzen. Außerdem können sie sich die Wirkung unterschiedlicher Betriebsstrategien auf die Netzstabilität selbst erschließen.

## **Sozialkompetenz**

Die Studierenden setzen sich in Kleingruppen mit konkreten Fragestellungen auseinander, wobei die Kommunikation und die Teamarbeit notwendig ist.

## **Lehrinhalte**

- Grundlagen zum Netzbetrieb
- Neue Anforderungen durch den Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (Lastferne und dezentrale Erzeugung)
- Regelung von Verbundnetzen und Inselsystemen
- Netzstabilität
- Maßnahmen zur Netzstützung
- Innovative Netztechnologien (Blindleistungsregelung, regelbare Ortsnetztransformatoren, dezentrale Speicher)
- Last- und Erzeugungsmanagement
- Smart-Meter, Smart-Home, Smart-Grid Pilotprojekte und Studien zu Smart-Grids
- Praktikum zur Netzberechnung
- Einbindung aktueller Forschungsprojekte

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Wechselstromlehre und Physik sind erforderlich, Grundkenntnisse zum elektrischen Energienetz vorteilhaft

## **Literatur**

- Klaus Heuck, Klaus-Dieter Dettmann, Detlef Schulz, Elektrische Energieversorgung, Vieweg + Teubner Verlag
- Ekkehard Spring; Elektrische Energienetze; VDE Verlag
- Smart Grids in Deutschland, Handlungsfelder für Verteilnetzbetreiber auf dem Weg zu intelligenten Netzen; Herausgeber ZVEI und bdew 2012

# EL520: Netzintegration regenerativer Energiesysteme

<b>Modulbezeichnung</b>	Netzintegration regenerativer Energiesysteme
<b>Modulkürzel</b>	EL520
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung EM, RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Simon Schramm
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Simon Schramm
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierende verstehen technische Herausforderungen, die im Zuge der Energiewende für das elektrische Energiesystem entstehen.

Die Studierenden verstehen die Notwendigkeit von Systemdienstleistungen, warum und wie diese künftig von umrichterbasierten Systemen bereitgestellt werden können.

Sie kennen die grundsätzliche Funktionsweise von Netzwechselrichtern auf der Basis von Solar- und Windenergie, die künftig einen steigenden Anteil des Energiebedarfes decken. Sie beherrschen typische Schaltungsvarianten inklusive deren Auslegung und die wesentlichen Komponenten und Methoden, die für die Regelung der Wechselrichter notwendig sind.

Sie verstehen, wie sich die Netzintegration von Regenerativen Erzeugungseinheiten mittels Wechselrichtern modellieren und mit entsprechender Software simulieren lässt.

### Methodenkompetenz

Viele Herausforderungen im Energiesystem werden im Rahmen der Vorlesung mittels mathematischer Beschreibungen erarbeitet, die sich auf andere Fragestellungen übertragen lassen. Komplexe Zusammenhänge werden durch teils vorgegebene Simulationsmodelle projiziert, und beantwortet,

## Sozialkompetenz

Die Vorlesung bietet ausreichend Zeit zur Diskussion aktueller Herausforderungen im Themenfeld der Energiewende, hierbei wird die problemorientierte Kommunikationsfähigkeit im technischen Umfeld gestärkt.

## Lehrinhalte

In der Vorlesung Netzintegration regenerative Energiesysteme werden wesentliche Elemente der “Energiewende” erarbeitet, und deren Relevanz im Energiesysteme eingeordnet.

### Grundlagen

- Herausforderungen der Energiewende - Aufbau des Energiesystems, Residuallastverlauf, Spannungsproblematik usw.
- Anforderungen an zukünftige Erzeugungssysteme, z.B. Systemdienstleistungen, Netzanschlussbedingungen,
- Wechselrichter als wesentlichen Komponente - Grundlegende Umrichter Schaltungen, Grundlegende Schaltmuster, weitere Komponenten: Filter/Zwischenkreis
- Umrichter Auslegung, netzseitige Regelung, PLL, Clark/Park-Transformation

**Anwendung** der obigen Erkenntnisse auf

- PV-Systeme
- Windenergiesysteme

**Anwendung** (Beispiele) der Erkenntnisse durch Modellierung von Wechselrichter-Teilkomponenten, z.B. mittels Software PLECS.

## Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundlegende Energietechnik-Kenntnisse sind von Vorteil.

## Literatur

- Jenni, Felix, Wüest, Dieter: “Steuerverfahren für selbstgeführte Stromrichter”, online verfügbar
- Balduino Rabelo “Optimal Reactive Power Sharing with the Doubly-Fed Induction Generators in Wind Turbines”, Dissertation, TU Chemnitz, 2008
- Heinrich Häberlin, “Photovoltaik”, 2te Auflage, VDE Verlag, 2010, ISBN 978-3-8007—3205-0
- Adolf J.Schwab, “Elektroenergiesysteme: Erzeugung, Transport, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie”, 3te Auflage, Springer Verlag, 2011, ISBN 978-3642219573

# EL525: Netzstörungen und Versorgungssicherheit

<b>Modulbezeichnung</b>	Netzstörungen und Versorgungssicherheit
<b>Modulkürzel</b>	EL525
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Stephanie Uhrig
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Stephanie Uhrig
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden verstehen die Ursachen und Wirkungszusammenhänge von Störungssituationen in elektrischen Energieversorgungsnetzen. Ferner sind sie in der Lage Kurzschlussströme für unterschiedliche Netze zu berechnen und die Wirkung auf die Netzkomponenten einschätzen. Sie kennen den Aufbau und die Funktion von modernen Netzschutzkomponenten und –systemen und können diese an Beispielnetzen dimensionieren und parametrieren. Anhand von realen Großstörungen in der Vergangenheit sind sie in der Lage, die dabei getroffenen Maßnahmen in ihrer Wirksamkeit zu beurteilen. Sie sind mit den aktuellen Technologien zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) vertraut und können diese bedarfsgerecht einsetzen.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können die wesentlichen Störungssituationen in Energieübertragungsnetzen beschreiben. Sie wissen welche Fehlerarten häufiger auftreten, welche Charakteristika diese haben und können die resultierenden Fehlerströme und Überspannungen berechnen. Ferner können sie neben den elektrischen Belastungen auch die thermischen, mechanischen Beanspruchungen, sowie die Belastungen durch Störlichtbögen selbstständig einschätzen und quantifizieren.

### Selbstkompetenz

Im Rahmen der Vorlesung werden grundlegende, allgemeingültige Sachverhalte bezüglich auftretender Fehler in Energieversorgungsnetzen vermittelt. Die Studierenden werden befähigt, beliebige, in der Praxis vorkommende Fehler in unbekanntem Netze zu berechnen und die Folgen

selbstständig abzuschätzen.

## **Sozialkompetenz**

Die Studierenden setzen sich in Kleingruppen mit konkreten Fragestellungen auseinander, wobei die Kommunikation und die Teamarbeit notwendig ist.

## **Lehrinhalte**

- Wesentliche Störungsursachen und –abläufe in Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen
- Grundlagen der Kurzschlussstromberechnung
- Modellierung von Netzkomponenten
- Beispiele für Großstörungen in der Vergangenheit
- Aufbau und Funktion digitaler Netzschutzkomponenten
- Auswirkungen von Fehlerströmen
- Aufbau, Funktion und Einsatzbereiche unterbrechungsfreier Stromversorgungssysteme

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Wechselstromlehre und Physik sind erforderlich, Grundkenntnisse zum elektrischen Energienetz vorteilhaft

## **Literatur**

- R. Flossdorf, G. Hilgarth: Elektrische Energieverteilung (Leitfaden der Elektrotechnik), Vieweg+Teubner Verlag, 2005
- V. Crastan: Elektrische Energieversorgung, Bände 1, 2, 3, Springer Verlag, 2007

# EL526: Simulation elektrischer Energieversorgungsnetze

<b>Modulbezeichnung</b>	Simulation elektrischer Energieversorgungsnetze
<b>Modulkürzel</b>	EL526
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Georg Kerber
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Georg Kerber
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning, Rechnerübung für 2er Teams
<b>Prüfungsform</b>	mündliche Prüfung 20 min, FrwL (10 % Bonus, Ergänzende Dokumentation zu den Inhalten des Moduls)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Nach der Teilnahme sind die Studierenden in der Lage, elektrische Energieversorgungsnetze mit geeigneten Ersatzschaltungen aufzubauen und zu berechnen. Es sind die wesentlichen Verfahren der Lastfluss- und Kurzschlussberechnung sowie der transienten Netzberechnung in Theorie und Praxis bekannt. Die Studierenden können die Integration dezentraler Erzeugungsanlagen und Verbraucherlasten in typischen Verteilnetzen simulieren und deren Netzverträglichkeit gemäß der technischen Anschlussregeln des VDE FNN prüfen. Sie sind außerdem in der Lage, quasistationäre, dynamische und transiente Vorgänge in Stromnetzen zu simulieren und anhand der Ergebnisse verschiedene Betriebszustände zu verstehen bzw. Maßnahmen zur Verbesserung der Netzqualität und Netzstabilität zu beurteilen. Um dies so praxisnah wie möglich zu gestalten, wird ein kommerzielles Netzberechnungsprogramm für Stromnetze (Digsilent Powerfactory) verwendet.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können die gängigen Netzberechnungen selbstständig ausführen und die Ergebnisse interpretieren bzw. deren Korrektheit kritisch hinterfragen. Sie werden in die Lage versetzt, auch nicht-technische Auswirkungen von entsprechenden Netzplanungs- und Ausbauplanungen zu erkennen und qualitativ zu diskutieren

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden erarbeiten in eigenständigen Teilprojekten Netzplanungen.

## **Sozialkompetenz**

Die Studierenden stellen ihre Netzplanungen vor und diskutieren die Ergebnisse in offener, konstruktiver Weise.

## **Lehrinhalte**

- Netzwerkgleichungen
- Netzelemente und ihre Ersatzschaltungen
- Lastflussberechnung (Gauss-Seidel Iteration, Newton-Raphson-Verfahren, schnelle entkoppelte Lastflussberechnung)
- Behandlung von Netzunsymmetrien
- Kurzschlussrechnung
- Netzzustandserfassung
- Netzzustandskorrektur
- transiente Vorgänge im Netz

Rechnerübungen mit dem kommerziellen Netzwerkrechnungsprogramm "Digsilent Powerfactory" zu

- Lastfluss-, Kurzschlussrechnung,
- Simulation von transienten Vorgängen
- Oberschwingungsanalyse
- Anschluss dezentraler Einspeiser im Verteilnetz
- Stabilität von Maschinen

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundkenntnisse zu elektrischen Energieversorgungsnetzen (z.B. aus gleichnamiger Vorlesung). Elektrische Energieübertragung und -verteilung und/oder Netzbetrieb und Smart Grids.

## **Literatur**

- Handschin Elektrische Energieübertragungssysteme Hüthig Verlag, ISBN 3-7785-1401-6
- Schwab, A.J.: Elektroenergiesysteme, Springer-Verlag 2006, ISBN-10 3-540-29664-6  
Springer Berlin Heidelberg New York

# EL527: Simulation technischer Systeme mit verteilten Parametern

<b>Modulbezeichnung</b>	Simulation technischer Systeme mit verteilten Parametern
<b>Modulkürzel</b>	EL527
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung RE, AE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Georg Kerber
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Georg Kerber
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Praktikum
<b>Medien</b>	Simulationstools, Tafel, Beamer, Flipchart, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	mündliche Prüfung 20 - 30 min oder Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Simulationen sind aus der Analyse und Entwicklung von immer komplizierteren Systemen nicht mehr wegzudenken. In diesem Modul lernen Studierende verschiedene Modellierungs- und Simulationstechniken auf Basis konzentrierter verteilter Parameter kennen. Sie können deren Einsatz im Lebenszyklus eines Systems einordnen. Sie verstehen ihren jeweiligen Nutzen, kennen aber auch die Grenzen und auftretende Fehler. Sie sind in der Lage zunächst ihre Anforderungen als Modelle zu beschreiben und achten auf die Grenzen der Aussagekraft jedweder Modellierung. Modelle sind immer eine vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit. Entsprechend hinterfragen die Studierenden jedwede Modelle kritisch, beherrschen theoretische Grundlagen zur Lösung der Modelle und interpretieren Simulationsergebnisse sorgfältig.

Die Vorlesung beschränkt sich auf Betrachtungen im Zeitbereich, die allgemein, d.h. auch im praktisch häufigen Fall nicht linearer Probleme anwendbar sind. Die Studierenden sind in der Lage, Modelle selbstständig zu erstellen. Sie können nachvollziehen welche Schritte in Software-Werkzeugen (oft automatisiert im Hintergrund) ablaufen, um ausgehend von Bauteil- und Topologiegleichungen, die ein differenzial-algebraisches Gleichungssystem (DAE-System) bilden, zu einer numerischen Lösung zu kommen. Dadurch ist es Ihnen möglich, Benutzereinstellungen zu

verstehen und zielgerecht auszuwählen.

Bei Modellen mit verteilten Parametern liegen im Vergleich wenige, partielle Differentialgleichungen zugrunde. Hier lernen die Studierenden insbesondere Finite-Differenzen-Verfahren sowie die Finite-Elemente-Methode kennen. Sie wissen auch hier, welche Schritte von der Gebiets- und Modelldefinition bis zum numerischen Ergebnis ablaufen und welchen Einfluss Benutzereinstellungen haben.

## **Lehrinhalte**

- Einordnung von dynamischen Simulationen in den Lebenszyklus eines Systems.
- Simulationsmodelle mit verteilten Parametern
- grundlegende Vorgehensschritte in der Lösung der zugrundeliegenden partiellen Differentialgleichungen mit Anfangs- und Randwerten; Finite-Differenzen-Verfahren; Ganzbereichsansätze, Finite-Elemente-Methode (Schwerpunkt 1D).
- Inhalte und Übungen des Moduls sind nicht auf eine bestimmte Fachdisziplin beschränkt.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Mathematische Kenntnisse z.B. zu Differentialgleichungen und Numerik, die einem ingenieurwissenschaftlichen Studium nach dem Bachelor entsprechen

## **Literatur**

- Michael Jung, Ulrich Langer: Methode der Finiten Elemente für Ingenieure, Springer, 2. Auflage, 2013
- Jian-Ming Jin: The Finite Element Method in Electromagnetics, Wiley, 3. Auflage, 2014

# EL530: Projekt Angewandte Forschung I

<b>Modulbezeichnung</b>	Projekt Angewandte Forschung I
<b>Modulkürzel</b>	EL530
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, KT, RE, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. in jedem Semester
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Manfred Gerstner
<b>Lehrende</b>	aktuelles Angebot siehe Web-Seite der Fakultät
<b>Lehrformen</b>	Projekt
<b>Medien</b>	Beamer, Projektmanagement-Werkzeuge
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektbericht) und Präsentation (Kolloquium)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die jeweiligen Fachkompetenzen ergeben sich aus der konkreten Aufgabenstellung des Projektes. Allgemein gilt:

Die Teilnehmenden können technische Aufgabenstellungen analysieren und darauf basierend Hardware- und Software-Spezifikationen entwerfen.

Die Teilnehmenden können selbstständig zur Umsetzung der Aufgabenstellung geeignete Entwicklungs- und Simulationswerkzeuge auswählen und diese bedienen.

### Methodenkompetenz

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul besitzen Teilnehmende vertiefte Kenntnisse für die Abwicklung eines Projekts mit Methoden und Werkzeugen des Projektmanagements und können diese praktisch umsetzen. Sie sind in der Lage, technische Lösungen unter besonderer Berücksichtigung eines Systemansatzes zu entwickeln und zu bearbeiten. Die Studierenden können Berechnungen und Argumentationsketten in schriftlichen Ausarbeitungen mathematisch form- und artgerecht darstellen.

Die Studierenden strukturieren ein Projekt, formulieren eine Aufgabenstellung und fassen die Ergebnisse in schriftlicher Form zusammen. Je nach Aufgabenstellung können sie geeignete Software-Frameworks, Tools und Simulationen für die Bearbeitung auswählen und einsetzen. Sie kennen die für die Abarbeitung eines Projekts erforderlichen Prozesse und können diese erfolgreich

durchlaufen.

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, sich selbstständig in neue Fragestellungen einzuarbeiten, sich Sachverhalte zu erschließen und zu praktikablen Resultaten zu gelangen sowie sich dabei eigenständig zu organisieren. Sie können mit Unsicherheiten und schwierigen Projektphasen umgehen und diese meistern.

## **Sozialkompetenz**

Durch die Zusammenarbeit mit den betreuenden Professor:innen und Projektmitarbeiter:innen werden die Studierenden befähigt, Fachinhalte adäquat und überzeugend zu verbalisieren und Fachdiskussionen auf Augenhöhe zu führen.

## **Lehrinhalte**

Vorgehen und Inhalte orientieren sich an der im industriellen Umfeld üblichen Vorgehensweise bei der Bearbeitung komplexer Themen.

Die Aufgabenstellung umfasst geeignete Elemente des folgenden Spektrums:

- Systemgestaltung; Definition von Anforderungen; Erarbeitung von Lösungskonzepten; Bewertung von Lösungsalternativen.
- Demonstration ausgewählter Lösungsansätze; Entwicklung, Realisierung und Test von Lösungen, Abnahme.
- Projektabwicklung: Einrichtung, Planung, Kontrolle, Steuerung des Projekts; Dokumentation; Änderungsverfahren.

Bearbeitung ausschließlich in den Laboren der Hochschule München. Externe Projekte sind unzulässig. Das Belegen dieses Moduls hängt davon ab, ob ein:e Dozent:in in einem Labor der Fakultät ein geeignetes Projektthema formulieren und betreuen kann. Deshalb hängt auch der konkrete Inhalt von der Aufgabenstellung im Projekt ab.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Die benötigten Vorkenntnisse ergeben sich aus der konkreten Aufgabenstellung des Projektes.

## **Literatur**

Wird je nach Aufgabenstellung von den betreuenden Professor:innen festgelegt.

# EL535: Projekt Angewandte Forschung II

<b>Modulbezeichnung</b>	Projekt Angewandte Forschung II
<b>Modulkürzel</b>	EL535
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, KT, RE, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. in jedem Semester
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Manfred Gerstner
<b>Lehrende</b>	aktuelles Angebot siehe Web-Seite der Fakultät
<b>Lehrformen</b>	Projekt
<b>Medien</b>	Beamer, Projektmanagement-Werkzeuge
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektbericht) und Präsentation (Kolloquium)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die jeweiligen Fachkompetenzen ergeben sich aus der konkreten Aufgabenstellung des Projektes. Allgemein gilt:

Die Teilnehmenden können technische Aufgabenstellungen analysieren und darauf basierend Hardware- und Software-Spezifikationen entwerfen.

Die Teilnehmenden können selbstständig zur Umsetzung der Aufgabenstellung geeignete Entwicklungs- und Simulationswerkzeuge auswählen und diese bedienen.

### Methodenkompetenz

Nach erfolgreicher Teilnahme am Modul besitzen Teilnehmende vertiefte Kenntnisse für die Abwicklung eines Projekts mit Methoden und Werkzeugen des Projektmanagements und können diese praktisch umsetzen. Sie sind in der Lage, technische Lösungen unter besonderer Berücksichtigung eines Systemansatzes zu entwickeln und zu bearbeiten. Die Studierenden können Berechnungen und Argumentationsketten in schriftlichen Ausarbeitungen mathematisch form- und artgerecht darstellen.

Die Studierenden strukturieren ein Projekt, formulieren eine Aufgabenstellung und fassen die Ergebnisse in schriftlicher Form zusammen. Je nach Aufgabenstellung können sie geeignete Software-Frameworks, Tools und Simulationen für die Bearbeitung auswählen und einsetzen. Sie kennen die für die Abarbeitung eines Projekts erforderlichen Prozesse und können diese erfolgreich

durchlaufen.

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, sich selbstständig in neue Fragestellungen einzuarbeiten, sich Sachverhalte zu erschließen und zu praktikablen Resultaten zu gelangen sowie sich dabei eigenständig zu organisieren. Sie können mit Unsicherheiten und schwierigen Projektphasen umgehen und diese meistern.

## **Sozialkompetenz**

Durch die Zusammenarbeit mit den betreuenden Professor:innen und Projektmitarbeiter:innen werden die Studierenden befähigt, Fachinhalte adäquat und überzeugend zu verbalisieren und Fachdiskussionen auf Augenhöhe zu führen.

## **Lehrinhalte**

Vorgehen und Inhalte orientieren sich an der im industriellen Umfeld üblichen Vorgehensweise bei der Bearbeitung komplexer Themen.

Die Aufgabenstellung umfasst geeignete Elemente des folgenden Spektrums:

- Systemgestaltung; Definition von Anforderungen; Erarbeitung von Lösungskonzepten; Bewertung von Lösungsalternativen.
- Demonstration ausgewählter Lösungsansätze; Entwicklung, Realisierung und Test von Lösungen, Abnahme.
- Projektabwicklung: Einrichtung, Planung, Kontrolle, Steuerung des Projekts; Dokumentation; Änderungsverfahren.

Bearbeitung ausschließlich in den Laboren der Hochschule München. Externe Projekte sind unzulässig. Das Belegen dieses Moduls hängt davon ab, ob ein:e Dozent:in in einem Labor der Fakultät ein geeignetes Projektthema formulieren und betreuen kann. Deshalb hängt auch der konkrete Inhalt von der Aufgabenstellung im Projekt ab.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Die benötigten Vorkenntnisse ergeben sich aus der konkreten Aufgabenstellung des Projektes. Dieses Modul kann nur belegt werden, wenn zuvor bereits das 5-ECTS-Modul *Projekt Angewandte Forschung I* belegt wurde.

## **Literatur**

Wird je nach Aufgabenstellung von den betreuenden Professor:innen festgelegt.

# EL540: Projekt Autonome Systeme

<b>Modulbezeichnung</b>	Projekt Autonome Systeme
<b>Modulkürzel</b>	EL540
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Arbeit und Recherche
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. in jedem Semester
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Alfred Schöttl
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Alfred Schöttl
<b>Lehrformen</b>	Projekt
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Je nach konkreter Aufgabenstellung vertiefen die Studierenden folgende Kenntnisse und Fertigkeiten:

- sie können eine robotische Softwarelösung entwerfen, implementieren und testen
- sie können Algorithmen aus dem Bereich der Robotik, des Maschinellen Lernens und der Bildverarbeitung einsetzen und entwickeln
- sie können mechanische Komponenten konstruieren und aufbauen
- sie können elektronische Komponenten integrieren, Anpassschaltungen entwerfen sowie Treiber realisieren
- sie können technische Aufgabenstellungen analysieren, darauf basierend Hardware- und Software-Spezifikationen entwerfen
- sie können für die Umsetzung der Aufgabenstellung geeignete Entwicklungs- und Simulationswerkzeuge auswählen und diese bedienen

Durch die fakultätsübergreifende Teamarbeit üben sich die Studierenden in der interdisziplinären Kommunikation. Durch die selbstständige Bearbeitung einer (Teil-)Projektaufgabe wird eigenverantwortliches Arbeiten im typischen Arbeitsumfeld eingeübt. Die Studierenden präsentieren am Semesterende ihre Ergebnisse unter Berücksichtigung der technischen wie auch nicht-technischen Aspekte (wie z.B. Logistik, Arbeitsorganisation, wirtschaftliche Randbedingungen).

## **Methodenkompetenz**

Die Studierenden können ein Projekt strukturieren. Sie können eine Aufgabenstellung formulieren und die Ergebnisse in schriftlicher Form zusammenfassen. Je nach Aufgabenstellung können Sie geeignete Software-Frameworks, Tools und Simulationen für die Bearbeitung auswählen und einsetzen. Sie kennen die für die Abarbeitung eines Projekts erforderlichen Prozesse und können diese erfolgreich durchlaufen.

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren. Sie können mit Unsicherheiten und schwierigen Projektphasen umgehen und diese meistern.

## **Sozialkompetenz**

Die Studierenden können sich im Team organisieren, absprechen und unterstützen. Sie können die Ergebnisse festhalten und kommunizieren.

## **Lehrinhalte**

Wir entwerfen und programmieren Roboter und autonome Systeme. Die Bearbeitung erfolgt in Projektteams, die Zuordnung erfolgt zu Semesterbeginn. Die Aufgaben haben unterschiedliche Schwerpunkte aus den Bereichen Software, Elektronik-Hardware/Schnittstellen und Mechanik/Mechatronik. Alle Themen umfassen die Aspekte Planung, Entwurf, Implementierung und Test. Die Ergebnisse werden, idealerweise in einer Robotik-Anwendung, demonstriert. Die meisten verwendeten oder entwickelten Robotiksysteme nutzen das Robotik-Framework ROS, die softwarenahen und Schnittstellenthemen bieten somit eine gute Gelegenheit in die Einführung in ROS. Die Aufgaben dienen je nach Kenntnisstand zur Vertiefung bestehender Kenntnisse oder ermöglichen die Einarbeitung in neue Themen. Weiterführende Arbeiten sind möglich.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Vorkenntnisse in Programmierung (Python und/oder C++) und, je nach Aufgabenstellung, Embedded Systems

## **Literatur**

abhängig von der konkreten Projektaufgabe

# EL545: Projekt Elektrische Fahrzeugantriebe

<b>Modulbezeichnung</b>	Projekt Elektrische Fahrzeugantriebe
<b>Modulkürzel</b>	EL545
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Arbeit und Recherche
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. in jedem Semester
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Christoph Hackl
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Oliver Bohlen, Prof. Dr. Wolfgang Rehm, Prof. Dr. Herbert Palm, Prof. Dr. Christoph Hackl
<b>Lehrformen</b>	Projekt
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden besitzen fachliche Kompetenzen zur Analyse komplexer Aufgabenstellungen und Entwicklung von Lösungsstrategien im Bereich der elektrischen Fahrzeugantriebe und Elektromobilität.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Problemstellungen in den Bereichen elektrische Fahrzeugantriebe und Elektromobilität analysieren und beurteilen und Lösungen hierzu selbstständig finden und umsetzen (erschaffen).

### Selbstkompetenz

Sie besitzen Kompetenz zur Kommunikation mit Studierenden anderer Fakultäten sowie vertiefte fachliche Kompetenz in einem speziellen Thema aus dem Bereich Elektrische Fahrzeugantriebe und Elektromobilität.

### Sozialkompetenz

Darüberhinaus sind sie in der Lage, als Teil eines Teams zu arbeiten oder auch ein Team zu leiten.

## Lehrinhalte

In Projektteams werden Themen aus dem Umfeld der elektrischen Fahrzeugantriebe und Elektromobilität bearbeitet. Verschiedene Aufgabenstellungen werden zu Beginn des Semesters vorgestellt und Projektgruppen zugeordnet. Die Themen sind den Hochschulprojekten zur Fahrzeugentwicklung (beispielsweise der "Formula Student Electric", dem Projekt „Porsche SE-Boxster" oder dem "Shell Eco Marathon") bzw. deren Umfeld (z.B. Ladestationen) zugeordnet.

## Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundkenntnisse in elektrischen Maschinen & Antrieben, Leistungselektronik und Elektromobilität sind vorteilhaft, aber nicht zwingend erforderlich.

## Literatur

- Hybrid-, Batterie- und Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge - Technik, Strukturen und Entwicklungen. Renningen, expert-Verlag, 2007
- Homepage des HM-Teams des Shell-Eco-Marathon:  
<http://www.hydro2motion.de>Homepage des HM-Teams der Formula Student:  
[www.munichmotorsport.de](http://www.munichmotorsport.de)

# EL550: Projekt Energieeffizienz und Energieoptimierung

<b>Modulbezeichnung</b>	Projekt Energieeffizienz und Energieoptimierung
<b>Modulkürzel</b>	EL550
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung EM, RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Arbeit und Recherche
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Simon Schramm
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Simon Schramm, Prof. Dr. Stephanie Uhrig
<b>Lehrformen</b>	Projekt
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit und Präsentation (Kolloquium)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen alle wesentlichen theoretischen Grundlagen zum Thema Energieeffizienz. Darauf basierend sind sie in der Lage, selbstständig Lösungen für komplexe fachliche Fragestellungen aus diesem Bereich zu finden, einschließlich der geeigneten Methoden zu deren Umsetzung. Sie sind in der Lage, ein komplexes Problem durch effiziente Selbstorganisation und Kommunikation innerhalb eines Projektteams zu lösen. Die Studierenden können in einem typischen Arbeitsumfeld eigenverantwortlich innerhalb eines Teams arbeiten und ggf. ein Team leiten.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können ein Projekt strukturieren. Sie können eine Aufgabenstellung formulieren und die Ergebnisse in schriftlicher Form dokumentieren. Je nach Aufgabenstellung können Sie geeignete Hard- und Software für die Bearbeitung auswählen oder selbst erstellen und einsetzen. Sie kennen die für die Abarbeitung eines Projekts erforderlichen Prozesse und können diese erfolgreich durchlaufen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig

zu organisieren, um das selbst gewählte Thema in der vorgegeben Zeit erfolgreich zu bearbeiten.

## **Sozialkompetenz**

Die Studierenden arbeiten innerhalb einer Gruppe zusammen an einer Fragestellung. Sie können sich im Team organisieren, absprechen und unterstützen. Sie können die Ergebnisse festhalten und kommunizieren.

## **Lehrinhalte**

Selbstgewählte Projektethemen, die im Rahmen einer Gruppenarbeit (2 - 3 Studierende) bearbeitet werden. Themenbeispiele:

- Charakterisierung von elektrischen Verbrauchern anhand (eigener) elektrischer Messungen (im Zeit- und Frequenzbereich)
- Kategorisierung und Identifizierung von Verbrauchern (elektrisch und thermisch)
- Systematische Analyse und Präsentation des Energieverbrauchs der Hochschule München
- Automatische Lasterkennung bei möglichst geringem Messaufwand
- Recherche zu und Umsetzung von Methoden zur Mustererkennung (Lasterkennung)
- Ermittlung von Energieoptimierungs- und Einsparpotenzialen bei Strom und Wärme mittels Energieaudit
- konkrete Aufgaben für die einzelnen Projektteams werden zu Beginn des Semesters definiert
- Zeitlich hochaufgelöste Erfassung des Wärmeverbrauchs
- Eigene Themen können nach Abstimmung definiert und bearbeitet werden

Hinweis: Nach einer Einführung in die Thematik der Energieeffizienz in ca. ein bis zwei vierstündigen Unterrichtseinheiten werden in der verbleibenden Zeit konkrete Aufgaben in Teams mit jeweils ca. vier Studierenden in Form technischer Projekte bearbeitet. Die Prüfung besteht aus einer ausführlichen schriftlichen Projektstudie nach Vorgabe des/der Dozenten zu Semesterbeginn und einem Kolloquium.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen Elektrische Messtechnik, Energietechnik, Elektrische Netze

## **Literatur**

- Martin Pehnt, "Energieeffizienz", Springer Verlag, 2010, ISBN 978-3-642-14250-5
- George W. Hart, "Nonintrusive Appliance Load Monitoring", PROCEEDINGS OF THE IEEE, Vol. 80, No. 12, Dec 1992
- Ahmed Zoha, Alexander Gluhak, Muhammad Ali Imran, Sutharshan Rajasegarar, "Non-Intrusive Load Monitoring Approaches for Disaggregated Energy Sensing: A Survey", Sensors 2012, Vol. 12, 6. Dec 2012

# EL555: Projekt Kommunikationstechnik und mobile Anwendungen

<b>Modulbezeichnung</b>	Projekt Kommunikationstechnik und mobile Anwendungen
<b>Modulkürzel</b>	EL555
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Arbeit und Recherche
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. in jedem Semester
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Thomas Michael
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Thomas Michael
<b>Lehrformen</b>	Projekt
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden besitzen Kenntnisse über Platinendesign und -aufbau sowie die Inbetriebnahme. Sie kennen die Software-Entwicklung mit Test und Inbetriebnahme und die Entwicklung sowie den Aufbau angepasster, lokaler Funknetze. Sie sind in der Lage, Entwicklungswerkzeuge auszuwählen und zu bewerten sowie technische Aufgabenstellungen zu analysieren. Die Studierenden beherrschen die Erstellung von Hardware- und Software-Spezifikationen und besitzen die Fähigkeit zur Entwicklung und Einzelfertigung selbst entworfener Lösungen. Sie können praxisbezogene Probleme bei Umsetzung kommunikationstechnischer Aufgaben lösen.

Die Studierenden besitzen die Kompetenz zur Teamarbeit und Kommunikation, zu eigenverantwortlichem Arbeiten im typischen Arbeitsumfeld und zur Organisation eines Teams (unter Anleitung, ggf. auch Leitung eines Projektes).

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können ein Projekt strukturieren. Sie können eine Aufgabenstellung formulieren und die Ergebnisse in schriftlicher Form zusammenfassen. Je nach Aufgabenstellung können Sie geeignete Hard- und Software für die Bearbeitung auswählen oder selbst erstellen und einsetzen. Sie kennen die für die Abarbeitung eines Projekts erforderlichen Prozesse und können diese

erfolgreich durchlaufen.

### **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren. Sie können ein Projekt selbstständig aufplanen und durchführen und die Planung bei auftretenden Problemen sinnvoll anpassen.

### **Sozialkompetenz**

Die Studierenden können sich im Team organisieren, absprechen und unterstützen. Sie können die Ergebnisse festhalten und kommunizieren.

### **Lehrinhalte**

Mitarbeit an einem über die Semester wachsenden Fahrzeug-Fahrzeug- und Fahrzeug-Infrastruktur-Netz zur Kommunikation zwischen Fahrzeugen und zwischen Fahrzeug und Infrastruktur, insbesondere Arbeiten an der On-Board-Signalverarbeitung, Anschluss von Sensoren, Einrichten von WLAN-Netzen, Entwurf und Umsetzung von Anwendungen. Der konkrete Inhalt hängt von den zu Semesterbeginn definierten Aufgabenpaketen und der Zuordnung zu den Projektteams ab.

### **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Elektronische Schaltungen, Programmierung (Python, C, ...)

### **Literatur**

gemäß Angabe des/der Dozenten zum aktuell gewählten Projektthema

# EL560: Projekt Mechatronik

<b>Modulbezeichnung</b>	Projekt Mechatronik
<b>Modulkürzel</b>	EL560
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Arbeit und Recherche
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. in jedem Semester
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Gerhard Schillhuber
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Gerhard Schillhuber, Prof. Dr. Marek Galek
<b>Lehrformen</b>	Projekt
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden vertiefen Ihre Kenntnisse im Bereich Elektrotechnik und Projekttechnik durch die Entwicklung einer mechatronischen Komponente im Team. Sie sind in der Lage die Aufgabenstellung zu analysieren und Lösungsmöglichkeiten zu evaluieren. Erforderlich sind u.a. die gezielte Extraktion notwendiger Informationen (z.B. aus technischen Datenblättern) sowie die Auswahl der passenden Werkzeuge (CAD, Schaltungsentwicklung, Simulation, Platinenlayout, Softwareentwicklungstools). Die Studierenden können Ihre eigenen Fertigkeiten einschätzen und in die gemeinsame Planung der Arbeitsinhalte einbringen. Die eigenständige Organisation des Projektteams und -ablaufs ist ein wesentlicher Aspekt der Aufgabe. Dabei ergänzen sie auch die Fähigkeiten sich mit Projektmitgliedern auszutauschen und Entscheidungen zu treffen.

Die Studierenden vertiefen insbesondere Ihre Kenntnisse im Umgang mit Entwicklungs- und Testwerkzeugen, wie z.B. Oszilloskop, Logikanalysator, Busanalysatoren und Softwarewerkzeugen. Außerdem ist den Studierenden die Notwendigkeit der Beachtung allgemeiner Randbedingungen, wie z.B. Termine, Kosten und die Koordination eines Teams, bewusst. Sie sind darüber hinaus in der Lage, das Ergebnis des Projekts angemessen zu präsentieren.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können ein Projekt strukturieren. Sie können eine Aufgabenstellung formulieren und die Ergebnisse in schriftlicher Form zusammenfassen. Je nach Aufgabenstellung können Sie

geeignete Software-Frameworks, Tools und Simulationen für die Bearbeitung auswählen und einsetzen. Sie kennen die für die Abarbeitung eines Projekts erforderlichen Prozesse und können diese erfolgreich durchlaufen.

### **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren. Sie können mit Unsicherheiten und schwierigen Projektphasen umgehen und diese meistern.

### **Sozialkompetenz**

Die Studierenden können sich im Team organisieren, absprechen und unterstützen. Sie können die Ergebnisse festhalten und kommunizieren.

### **Lehrinhalte**

Die Projektaufgabe variiert und wird zu Beginn des Semesters bekanntgegeben. In Projektteams wird Mechanik, Hard- und Software zur Steuerung, Regelung und Betrieb von mechatronischen Komponenten (z.B. mobiler Roboter, Robotergreifer, Motorsteuerungen) erstellt. Dazu kommen meist moderne Mikrocontroller mit entsprechender Peripherie und 3D-Drucker zum Einsatz.

### **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen der Programmierung, Entwurf elektronischer Schaltungen, Microcontroller, Regelungstechnik

### **Literatur**

- Schelle Heinz, Projekte zum Erfolg führen - Projektmanagement systematisch und kompakt, München, Dt. Taschenbuch-Verlag, 2010
- W. Jakoby: Projektmanagement für Ingenieure, Vieweg+Teubner Verlag, 2010
- F. Bollow et. al, C und C++ für Embedded Systems, 2008
- R. Barry, Using the FreeRTOS Real Time Kernel - a Practical Guide - Generic Cortex-M3 Edition , 2010
- H.D. Stölting, Handbuch Elektrische Kleinantriebe,2011
- W. Weydanz, Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen, 2006
- und wechselnde zusätzliche Literatur/Datenblätter wie z.B.: S. Angermann, Entwicklung eines unbemannten Flugsystems (VTOL UAV): Auslegung und Konstruktion einer 4-rotorigen, schwebenden Messplattform für Nutzlastanforderungen von bis zu 10kg, 2010, ISBN 978-3-6392-2109-1

# EL565: Projekt Technische Informatik

<b>Modulbezeichnung</b>	Projekt Technische Informatik
<b>Modulkürzel</b>	EL565
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Arbeit und Recherche
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Gerhard Schillhuber
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Gerhard Schillhuber, Prof. Dr. Benjamin Kormann
<b>Lehrformen</b>	Projekt
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden vertiefen Ihre Kenntnisse sowohl aus dem Bereich der technischen Informatik als auch dem Bereich des Projektmanagements durch praktische Anwendung der in den vorausgegangenen Semestern erlangten Kenntnisse. Die Studierenden sind in der Lage, eine komplexe Problemstellung aus dem Bereich der technischen Informatik zu analysieren und Lösungen zu entwickeln.

Sie können in Frage kommende Lösungsentwürfe, bestehend aus Kombinationen von Hardware und Software, vergleichen und die jeweils geeignetsten auswählen und umsetzen.

In der Abstimmung mit den anderen Projektteams üben Sie sich in der interdisziplinären Kommunikation. Die Studierenden sind in der Lage, ihren selbst organisierten Arbeitsprozess methodisch zu reflektieren. Sie können ihr Ergebnis dokumentieren und angemessen präsentieren und dabei auch die nichttechnischen Randbedingungen berücksichtigen.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können ein Projekt strukturieren. Sie können eine Aufgabenstellung formulieren und die Ergebnisse in schriftlicher Form zusammenfassen. Je nach Aufgabenstellung können Sie geeignete Software-Frameworks, Tools und Simulationen für die Bearbeitung auswählen und einsetzen. Sie kennen die für die Abarbeitung eines Projekts erforderlichen Prozesse und können

diese erfolgreich durchlaufen.

## **Selbstkompetenz**

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren. Sie können mit Unsicherheiten und schwierigen Projektphasen umgehen und diese meistern.

## **Sozialkompetenz**

Die Studierenden können sich im Team organisieren, absprechen und unterstützen. Sie können die Ergebnisse festhalten und kommunizieren.

## **Lehrinhalte**

Die Veranstaltung orientiert sich an der im industriellen Umfeld üblichen Vorgehensweise bei der Bearbeitung komplexer Themen. Je nach Aufgabenstellung werden folgende Aspekte abgedeckt:  
Systementwurf: Definition von Anforderungen; Erarbeitung von Lösungskonzepten; Bewertung von Lösungsalternativen; Entwicklung, Realisierung und Test von Lösungen, Abnahme.  
Projektabwicklung: Einrichtung, Planung, Kontrolle, Steuerung und Beendigung des Projekts;  
Dokumentation und Änderungsverfahren.

Die zu bearbeitenden Aufgabenstellungen aus dem breiten Bereich der technischen Informatik sind inhaltlich dergestalt, dass für eine mögliche Lösung ein Systemdesign bestehend aus einer Kombination von Hardware und Software nötig ist, unter Beachtung einer prinzipiellen Tauglichkeit für einen industriellen Einsatz. Hierzu müssen lösungsabhängig auch jeweils geeignete Entwicklungswerkzeuge für einen Hardwareentwurf und entsprechende Softwareentwicklungswerkzeuge ausgewählt und eingesetzt werden. In der Regel bedingen die Aufgabenstellungen auch die Erarbeitung des Verständnisses der den Aufgabenstellungen zu Grunde liegenden physikalischen und mechanischen Zusammenhänge.

## **Literatur**

Je nach aktuellem Projektthema geeignete Fachliteratur oder/und Fachartikel aus einschlägigen Publikationen

# EL570: Ringvorlesung Elektromobilität

<b>Modulbezeichnung</b>	Ringvorlesung Elektromobilität
<b>Modulkürzel</b>	EL570
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung EM
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Oliver Bohlen
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Oliver Bohlen, Prof. Dr. Christoph Hackl
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 60 min (70%) und Präsentation 15 min (30%)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden besitzen Kenntnisse zu aktuellen Themen aus dem Bereich der Elektromobilität und angrenzenden Themenbereichen sowie interdisziplinären Fragestellungen.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden sind in der Lage, aktuelle Trends in der Elektromobilität zu analysieren und im Hinblick auf technische, ökonomische und/oder ökologische Aspekte zu beurteilen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen.

### Sozialkompetenz

Die Studierenden können Ihr Wissen in Diskussionen mit Experten zu vertiefen.

## Lehrinhalte

Fachvorträge von Referenten der Hochschule MÜNCHEN sowie Gastreferenten aus Industrie und/oder Wissenschaft zu ausgewählten Themen der Elektromobilität. Diese können sowohl technische Aspekte der Technologie auf Komponenten- und Systemebene als auch interdisziplinäre Themen aus Wirtschaft, Produktion und Politik aufgreifen.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundkenntnisse zum Themenumfeld Elektromobilität.

## **Literatur**

abhängig von den konkreten Vortragsthemen der Dozenten der Hochschule bzw. Gastdozenten aus Industrie und Wissenschaft

# EL575: Robotik

<b>Modulbezeichnung</b>	Robotik
<b>Modulkürzel</b>	EL575
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Gerhard Schillhuber
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Gerhard Schillhuber
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	Modularbeit (Projektarbeit)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen den mechanischen und steuerungstechnischen Aufbau von Industrierobotern sowie die sicherheitstechnischen Grundlagen im Hinblick auf den Betrieb von Robotern. Sie kennen die kinematischen Zusammenhänge in der Robotik und verstehen die typischen Steuer- und Regelverfahren. Die Studierenden kennen die üblichen Programmierverfahren und sind in der Lage, Roboterprogramme für unterschiedliche Anwendungen zu entwerfen und zu implementieren.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können theoretische und experimentell gewonnene Erkenntnisse miteinander vergleichen und bewerten. Sie werden befähigt, mathematische Grundlagen zielgruppenorientiert aufzubereiten und neue Medienformate zu nutzen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren.

### Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können.

## **Lehrinhalte**

- Aufbau und Funktionsweise von Robotern
- Berechnungsverfahren für die Kinematik
- Aufbau von Robotersteuerungen
- Praktische Einführung in die Programmierung und Simulation von Robotern
- Sensorintegration und Greifertechnik
- Integration in Automatisierungsanlagen und Buskommunikation

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen Programmierung Grundkenntnisse der Mechanik und Regelungstechnik

## **Literatur**

- Peter Corke: "Robotics, Vision and Control". Springer-Verlag.
- John J. Craig: "Introduction to Robotics". Pearson Prentice Hall.
- Richard P. Paul: "Robot Manipulators". The MIT Press.
- Dieter W. Wloka: "Robotersysteme 1-3". Springer-Verlag.
- H.-J. Warnecke und R. D. Schraft: "Industrieroboter". Springer-Verlag.

# EL580: Sensorik

<b>Modulbezeichnung</b>	Sensorik
<b>Modulkürzel</b>	EL580
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, EM, KT, RE, AS
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Gregor Feiertag
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Gregor Feiertag
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 15 min; FrwL (10 % Bonus für Fachgespräch auf Basis eigener Unterlagen)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden verstehen die Funktionsweise verschiedener Sensoren und wissen, wie sich diese herstellen lassen. Sie können die Möglichkeiten und Grenzen aktueller Sensoren einschätzen und darauf aufbauend Sensoren auswählen und in Systeme integrieren.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können technologische Trends in der Sensorik bewerten und diese Trends bei der Entwicklung von Systemen berücksichtigen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt sich selbstständig in interdisziplinäre Fachgebiete einzuarbeiten.

### Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu Fachdiskussionen im Themengebiet der Vorlesung zu führen.

### Lehrinhalte

Grundbegriffe der Sensorik wie Messunsicherheit oder Kalibrierung. Physikalische Grundlagen der Messung von Temperatur, Beschleunigung, Drehrate, Kraft, Drehmoment, Druck, Schall und

Magnetfeld. Fertigungsverfahren für die Herstellung mikroelektromechanischer (MEMS) Sensoren. Gehäusetechnologien für Sensoren. Schnittstellen zwischen Sensor und System. Kennwerte aktueller Mikrosensoren.

Praktikum:

- Entwurf und Herstellung eines Dickschicht Kraftsensors
- Charakterisierung des Kraftsensors
- Bestimmung der Empfindlichkeit und der Hysterese eines MEMS-Mikrofons
- Vergleich verschiedener Messprinzipien zur Messung von Luftfeuchte und Luftströmung.

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Physik, Elektrische Messtechnik.

## **Literatur**

- Reif: Sensoren im Kraftfahrzeug, Vieweg Teubner
- Tränkler, Obermeier: Sensortechnik, Springer
- Hering: Sensoren in Wissenschaft und Technik, Vieweg Teubner

# EL585: Software Defined Radio

<b>Modulbezeichnung</b>	Software Defined Radio
<b>Modulkürzel</b>	EL585
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, KT
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Susanne Hirschmann
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Susanne Hirschmann
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen, verstehen und beherrschen effiziente Algorithmen auf dem Gebiet der digitalen Signalverarbeitung für Software-Defined-Radios. Sie sind in der Lage, Kenntnisse aus z.B. der Nachrichtentechnik oder zu Modulationsverfahren in geeignete Signalverarbeitungsalgorithmen für digitale Signalprozessoren (DSP) bzw. für anwenderspezifische integrierte Schaltungen umzusetzen. Sie kennen die Vorteile eines Software-Defined-Radios, aber auch die Grenzen, die Anforderungen (an Hard- und Software) und die Herausforderungen im Rahmen der Realisierung.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Berechnungen und Argumentationsketten in schriftlichen Ausarbeitungen mathematisch formgerecht darstellen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden werden befähigt, Sachverhalte selbstständig zu erschließen und sich eigenständig zu organisieren.

### Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte adäquat zu verbalisieren und entsprechende Fachdiskussionen mit Peers führen zu können.

## Lehrinhalte

- Übersicht AD/DA Wandler/Quantisierungseffekte/Zahlenformate
- Spezielle Filterstrukturen für Anwendung in der Kommunikationstechnik
- Verarbeitung von Bandpass-Signalen / Empfängerstrukturen / Komplexe Mischer
- Algorithmen zur Erzeugung & Demodulation der gängigen Modulationsformate
- Anwendungen von Polyphasenfilter / Filterbänke
- Anwendungen von adaptiven Filtern / Entzerrern

## Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundlagenkenntnisse zur digitalen Signalverarbeitung und zur Nachrichtentechnik (z.B. zu Basisbandsystemen und zu Modulationsverfahren).

## Literatur

- D. v. Grünigen, Digitale Signalverarbeitung, Hanser Verlag, München, 2001
- M. Werner, Digitale Signalverarbeitung mit MATLAB, Grundkurs mit 16 ausführlichen Versuchen; Vieweg/Teubner, 2012
- H. Götz, Einführung in die digitale Signalverarbeitung, 3. Auflage, B.G.Teubner, Stuttgart 1998
- K.D. Kammeyer, K. Kroschel, Digitale Signalverarbeitung: Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB-Übungen, 5. Auflage, Teubner Studienbücher, 2002 (z. Vertiefung)
- A.V. Oppenheim, R.W. Schafer, J.R. Buck, Zeitdiskrete Signalverarbeitung, 2. Auflage, Pearson Studium, 2004 (z. Vertiefung, aktuelle Auflage ausverkauft!)
- A.V. Oppenheim, R.W. Schafer, J.R. Buck, Discrete Time Signal Processing, Third Edition, Pearson New Int. Ed., 2007/20013
- E.C. Ifeachor, B.W. Jervis, Digital Signal Processing – A Practical Approach, Addison-Wesley, 2001
- Steven W. Smith , The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, California Technical Publishing, 1999, <http://www.dspguide.com>

# EL590: Symmetric Matrices

<b>Modulbezeichnung</b>	Symmetric Matrices
<b>Modulkürzel</b>	EL590
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung KT, RE
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	englisch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Helmut Kahl
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Helmut Kahl
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Students will realize the 'ubiquity' of symmetric matrices in theory and applications (in nearly every engineering science). They understand their mathematical concepts and know how to apply them in any engineering area. Amongst other things they will master the method of 'linear squares fit' in a numerically stable manner (by help of orthogonal transformations), a method of second order approximation of plane areas (by help of conics with point symmetry), an efficient method of composition in a (imaginary quadratic class) group that is multifunctional in cryptography.

### Methodenkompetenz

Students are capable of computations and argumentations in a mathematical due form.

### Selbstkompetenz

Students are capable of making issues accessible by themselves.

### Sozialkompetenz

The course enhances students to verbalise issues and participate in discussions on them.

### Lehrinhalte

- Properties and Classification of Symmetric Matrices / Quadratic Forms;
- Quadrics / Conics with external point of symmetry;
- The orthogonal group (important for numerical analysis);

- Local extrema of real-valued functions of several variables;
- Least Squares Fit in a numerically stable way;
- Computation of Plane Areas (Second Order Approximation);
- A-priori-computation of multiple linear regression coefficients;
- Composition in imaginary-quadratic class groups (for Cryptography);

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Fundamentals of Linear Algebra

## **Literatur**

- D. Serre: Matrices (Theory and applications). 2nd. ed., Springer (2010)
- J. Buchmann/U. Vollmer: Binary Quadratic Forms: An Algorithmic Approach. Springer (2007)
- J.W.S. Cassels: Rational Quadratic Forms. Academic Press, London (1978)

# EL595: Synchronisation und Frequenzsynthese

<b>Modulbezeichnung</b>	Synchronisation und Frequenzsynthese
<b>Modulkürzel</b>	EL595
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AT, KT
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	3 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 45 h Präsenz + 105 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Winter
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch
<b>Modulverantwortung</b>	Prof. Dr. Thomas Michael
<b>Lehrende</b>	Prof. Dr. Thomas Michael
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min oder mündliche Prüfung 20 min

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

Die Studierenden kennen und verstehen den Aufbau und die Funktion von Phasenregelkreisen (PLL) sowie deren Einsatz zur Frequenzsynthese und Takt- und Trägerregeneration in modernen Nachrichtenempfängern.

Die Studierenden sind in der Lage, verschiedene Synchronisations- und Frequenzsyntheseverfahren zu analysieren und zu bewerten, deren Eigenschaften und Kenngrößen zu ermitteln und entsprechende Systeme zu dimensionieren. Weiterhin können sie geeignete Messmethoden auswählen, Messungen an Phasenregelkreisen durchführen und diese meßtechnisch beurteilen.

### Methodenkompetenz

Die Studierenden können Phasenregelkreise mathematisch analysieren, Modelle von Systemen zur Synchronisation und Frequenzsynthese erstellen, diese Systeme dimensionieren und meßtechnisch beurteilen.

### Selbstkompetenz

Die Studierenden können sich in für sie unbekannte Themenbereiche einarbeiten und das erlernte Wissen sinnvoll strukturieren.

### Sozialkompetenz

Die Lehrveranstaltung befähigt die Studierenden dazu, die Fachinhalte zu präsentieren und

fachliche Diskussionen zu führen.

## Lehrinhalte

- Aufbau und grundlegende Funktion von Phasenregelkreisen: Funktion, mathematische Beschreibung und Kenngrößen der Baugruppen (Phasendetektor, Regelfilter und spannungsgesteuerter Oszillator).
- Phasendetektoren: Analoge und digitale Phasendetektoren.
- Linearisierte Beschreibung von Phasenregelkreisen: Linearisierung, Übertragungsfunktion, Kenngrößen und Systemantworten im eingerasteten Zustand.
- Rauschverhalten von Phasenregelkreisen: Phasenrauschen von PLL, Rauschbandbreite, VCO-Phasenrauschen.
- Nichtlinearer PLL: Einrastverhalten von Phasenregelkreisen 2. Ordnung, Arbeitsbereiche.
- Anwendungen von PLL: Frequenzsyntheseverfahren, Takt- und Trägerregeneration, Phasendetektoren für digital modulierte Signale, Modulation/Demodulation.

## Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme

Elektronische Schaltungen, Grundlagen Regelungstechnik, Elektrische Messtechnik

## Literatur

- Best, Roland: Theorie und Anwendungen des Phase-Locked Loops. 5. Auflage Berlin, Offenbach: vde-Verlag; Aarau/Schweiz: AT-Verlag 1993.
- Best, Roland: Phase-Locked Loops: Design, Simulation, and Applications. 5. Auflage New York: McGraw-Hill 2003.
- Gardner, Floyd M.: Phaselock Techniques. 2. Auflage New York: John Wiley and Sons, Inc. 1979.
- Blanchard, Alain: Phase-Locked Loops. Application to Coherent Receiver Design. 1. Auflage New York: John Wiley and Sons, Inc. 1976.
- Lindsay, William C.; Chie, Chak M.: A Survey of Digital Phase-Locked Loops. In: Proceedings of the IEEE Vol. 69 (1981) Nr. 4, S. 410-431.

# FK06: Design integrierter Schaltungen

<b>Modulbezeichnung</b>	Design integrierter Schaltungen
<b>Modulkürzel</b>	FK06
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>Verwendung des Moduls</b>	Wahlmodul für Vertiefung AE, KT
<b>Leistungspunkte</b>	5 ECTS
<b>Präsenzzeit</b>	4 SWS
<b>Studienbelastung</b>	150 h = 60 h Präsenz + 90 h Selbststudium
<b>Studiensemester</b>	1. oder 2. Semester
<b>Häufigkeit</b>	i.d.R. jährlich, im Sommer
<b>Dauer</b>	ein Semester
<b>Geplante Gruppengröße</b>	max. 36
<b>Sprache</b>	deutsch, englisch
<b>Modulverantwortung</b>	Dr. Helmut Fischer, Dr. Ullrich Menczigar
<b>Lehrende</b>	Dr. Helmut Fischer, Dr. Ullrich Menczigar
<b>Lehrformen</b>	Seminaristischer Unterricht mit Übung/Praktikum
<b>Medien</b>	Tafel, Flipchart, Beamer, E-Learning
<b>Prüfungsform</b>	schriftliche Prüfung 90 min (4 Seiten A4 nur Formeln)

## Angestrebte Lernergebnisse

### Fachkompetenz

- Ausgewählte Themengebiete moderner höchstintegrierter Halbleitertechnologien.
- Vorstellung gängiger Entwicklungswerkzeuge für den Entwurf integrierter Schaltungen.
- Grundlagen integrierter digitaler Schaltungstechnik.
- Schaltungstechnik analoger Komponenten in CMOS-Technologie.

### Methodenkompetenz

Organisation und Durchführung eines Entwicklungsprojektes.

### Lehrinhalte

- Parasitäre Effekte moderner MOSFETs, FINFET.
- Gegenüberstellung von Full Custom und Semi Custom Design.
- Grundelemente integrierter Digitalschaltungen und ihre Kenngrößen in neuen Technologieknoten.
- Lithographie und OPC (Optical Proximity Correction), Layout.
- Topologie und Layout.
- Leckstrompfade und energiesparende Schaltungstechniken.
- Zuverlässigkeit und Lebensdauer integrierter Schaltungen..
- Design for Manufacturing: 6 Sigma Design und Verifikationsstrategien.
- Einstufige Verstärker.

- Differenzverstärker mit passiver und mit aktiver Last.
- Frequenzverhalten von einstufigen Verstärkern und Differenzverstärkern.
- Einstufige und zweistufige Operationsverstärker
- Design und Layout eines zweistufigen Operationsverstärkers (Miller-OTA)
  - Matching Betrachtung in Design und Layout von Operationsverstärkern
  - Layout Regeln
  - Extraktion von Layout-Parasitics
  - Simulation mit Layout-Parasitics

## **Empfohlene Voraussetzungen für die Teilnahme**

Schaltungstechnik-Grundlagen, Halbleiterphysik-Grundlagen

## **Literatur**

- Baker, Li, Boyce, CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, IEEE Press, 2010.
- B. Razavi, Design of Analog CMOS Integrated Circuits, McGraw-Hill, 2003.
- M. Reisch, Elektronische Bauelemente, Springer Verlag, 2006.
- Pulfrey, Understanding Modern Transistors and Diodes, Cambridge University Press, 2010.
- D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich, Technologie hochintegrierter Schaltungen, Springer-Verlag, 1996.
- Tietze, Ulrich, „Halbleiter-Schaltungstechnik“, Springer Verlag, 2010.