

# Fernstudiengang Elektrotechnik und Informationstechnik

Master of Science (M.Sc.)

Fakultät Ingenieurwissenschaften  
Universität Duisburg-Essen  
*[www.online-master-eit.de](http://www.online-master-eit.de)*

*Stand: Januar 2015*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Beschreibung des Studiengangs</b>	4
<b>2 Regelstudienpläne</b>	7
Vertiefungsrichtung AT (Automatisierungstechnik)	8
Vertiefungsrichtung DKS (Digitale Kommunikationssysteme)	9
Vertiefungsrichtung HFS (Hochfrequenzsysteme)	10
Vertiefungsrichtung IEN (Intelligente Energienetze)	11
<b>3 Modulbeschreibungen</b>	12
Betriebsmittel der Hochspannungstechnik.....	13
Coding Theory.....	14
Computational Electromagnetics 1 .....	15
Einführungsseminar F .....	17
Elektromagnetische Verträglichkeit .....	18
Energiewirtschaft.....	19
Fachseminar F1 .....	20
Fachseminar F2 .....	21
Fehlerdiagnose und Fehlertoleranz in technischen Systemen.....	22
Grundlagen der Hochspannungstechnik.....	23
Hochfrequenz und Photonik Fernpraktikum.....	24
Informationstechnik in der elektrischen Energietechnik .....	25
Integrierte Anlogschaltungen.....	26
Kommunikation Fernpraktikum .....	27
Lasertechnik.....	28
Leistungselektronik.....	29
Master-Arbeit.....	30
Microwave Theory and Techniques.....	31
Modellbildung und Regelung Fernpraktikum.....	33
Modelling and Simulation of Dynamic Systems .....	34
Moderne Funkssysteme .....	36
Nonlinear Control Systems.....	38
OFDM Transmission Techniques .....	39
Optische Netze.....	41
Power System Operation and Control .....	42
Prozessautomatisierung F.....	43
Radio Wave Propagation and Antennas.....	44
Sicherheit in Kommunikationsnetzen.....	45
Signalverarbeitung 1 .....	47
Signalverarbeitung 2 .....	48

State and Parameter Estimation .....	49
Theoretische Elektrotechnik 1 .....	51
Theoretische Elektrotechnik 2 .....	53
Theorie statistischer Signale.....	55
Thermodynamik und Kraftwerktechnik.....	56
Übertragungstechnik .....	57
Wahlpflichtbereich F-AT, F-HFS, F-IEN.....	58
Wahlpflichtbereich F-DKS .....	59
Zustandsregelung.....	60

# **1 Beschreibung des Studiengangs**

Der Master-Fernstudiengang Elektrotechnik und Informationstechnik ist ein Teilzeitstudiengang mit einer Regelstudienzeit von 6 Semestern (4 Semester mit je 15 Credits, 2 Semester Master-Arbeit mit 30 Credits). Im Fall eines vorhergehenden Studienabschlusses mit nur 6 Semestern bzw. 180 Credits sind entsprechend zusätzliche Auflagenfächer zu absolvieren.

Der Master-Studiengang erweitert die Qualifikationen zum Verstehen der Zusammenhänge komplexer elektro- und informationstechnischer Systeme aus dem Bachelor-Studium, nun aber auf wissenschaftlich höherem Niveau. So ergibt sich die generelle Fähigkeit zur Einarbeitung auch in theoretisch anspruchsvolle Themen. Der Studiengang vermittelt Kenntnisse, Methoden und Fähigkeiten, die dazu dienen, wissenschaftliche Methoden auf dem jeweiligen (von der Vertiefungsrichtung abhängigen) Gebiet auch für besonders anspruchsvolle und komplexe Aufgaben anzuwenden, zu analysieren und weiterzuentwickeln. Für Absolventen kommen vor allem Tätigkeiten in der Forschung, Entwicklung und Projektabwicklung in Frage.

Zulassung und Einschreibung erfolgen immer nur in eine bestimmte Vertiefungsrichtung, deren spezielle Aspekte im Folgenden beschrieben werden.

## **a) Vertiefungsrichtung „Automatisierungstechnik“**

Sowohl in der Produktion als auch in Produkten führen steigende Anforderungen an Energieeffizienz, Qualität und Sicherheit bei gleichzeitiger Kostenreduktion dazu, dass vermehrt komplexere Methoden der Automatisierungstechnik eingesetzt werden. Dies erfordert nicht nur die Kenntnis der verbreiteten Technologien, sondern auch die Befähigung zur Lösung komplizierter Automatisierungsaufgaben, die anspruchsvolle Methoden der Modellbildung, Simulation und Regelung erfordern. Solche Fähigkeiten werden erworben.

Dadurch eröffnen sich den Absolventen vielfältige Berufstätigkeiten als Ingenieur z.B. in den Tätigkeitsbereichen der Konzeption, Planung und Projektabwicklung in der Verfahrensleittechnik, Fertigungsleittechnik, Energieleittechnik, Gebäudeleittechnik, Verkehrsleittechnik oder bei der Automatisierung innerhalb von Fahrzeugen und Flugzeugen.

Inhaltliche Schwerpunkte sind:

- Theoretische und experimentelle Modellbildung sowie Simulation,
- Weiterführende Methoden und Theorien der Regelungstechnik,
- Behandlung stochastisch gestörter Systeme,
- Technologie der Geräte und Systeme in der Automatisierungstechnik,
- Exemplarische Anwendungen in der elektrischen Energietechnik.

### **Kompetenzprofil und Lernziele:**

Die Studierenden erwerben die erforderlichen fachlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Methoden, die sie zu wissenschaftlichem Arbeiten und zu verantwortlichem Handeln befähigen. Das Studium vermittelt insbesondere Kenntnisse und Fähigkeiten, die dazu dienen, wissenschaftliche Methoden auf dem Gebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik nicht nur anzuwenden, sondern auch zu analysieren und für die Lösung von Problemen dieses Fachgebiets weiterzuentwickeln. In der Vertiefungsrichtung Automatisierungstechnik liegt dabei der Schwerpunkt auf Methoden der Modellbildung (physikalischer dynamischer Systeme), Simulation, Regelung und Fehlerdiagnose.

## **b) Vertiefungsrichtung „Digitale Kommunikationssysteme“**

Zur Entwicklung neuer Kommunikationssysteme bzw. zur optimalen Auslegung gegebener Systeme ist ein tiefgehendes Verständnis der grundlegenden Übertragungsverfahren von entscheidender Bedeutung. Praktisch alle heute aktuellen Kommunikationssysteme basieren auf digitalen Übertragungsverfahren. Die gesamte Kette der Signalverarbeitungsblöcke in einem digitalen Übertragungssystem wird umfassend behandelt, beginnend mit der Quellencodierung über die Kanalcodierung und Modulation bis hin zum Übertragungskanal sowie den entsprechenden Empfangsverfahren. Hinsichtlich des Übertragungskanals werden elektrische Wellenleiter, optische Wellenleiter sowie Funksysteme betrachtet und diese systemtheoretisch modelliert.

Durch die Behandlung aktueller Übertragungsverfahren und Standards, insbesondere für die Funkübertragung, sind Absolventinnen und Absolventen bestens gerüstet, Forschungs- und Entwicklungsaufgaben in allen Gebieten der digitalen Kommunikation zu übernehmen. Durch eine breite und tiefgehende Grundlagenausbildung können sie sich sehr schnell in neue Aufgabenstellungen einarbeiten. Absolventinnen und Absolventen denken in Blöcken sowie Systemen und sind dadurch in der Lage, auch sehr komplexe Systeme zu modellieren. Sie können sowohl Konzepte für ganze Kommunikationssysteme entwickeln als auch komplexe Detailprobleme analysieren, modellieren, simulieren und mittels geeigneter Entwicklungen lösen.

Die erworbenen Kompetenzen werden nicht nur in klassischen Unternehmen der Nachrichtentechnik nachgefragt, sondern zunehmend auch beispielsweise in Unternehmen der Automobilindustrie, der Automatisierungstechnik sowie im Bereich intelligenter Energieversorgungssysteme.

Inhaltliche Schwerpunkte der Vertiefungsrichtung sind:

- optische Netze,
- analoge und digitale Systemtheorie,
- statistische Signalverarbeitung,
- Kodierungstheorie,
- Übertragungstechnik, insbesondere für Funksysteme,
- Funk-Wellenausbreitung und Antennen.

#### Kompetenzprofil und Lernziele:

Die Studierenden erwerben die erforderlichen fachlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Methoden, die sie zu wissenschaftlichem Arbeiten und zu verantwortlichem Handeln befähigen. Das Studium vermittelt insbesondere Kenntnisse und Fähigkeiten, die dazu dienen, wissenschaftliche Methoden auf dem Gebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik nicht nur anzuwenden, sondern auch zu analysieren und für die Lösung von Problemen dieses Fachgebiets weiterzuentwickeln. In der Vertiefungsrichtung Digitale Kommunikationssysteme stehen dabei Methoden der digitalen Signalverarbeitung für alle Blöcke eines digitalen Übertragungssystems (Quellencodierung, Kanalcodierung, Modulation und entsprechende Empfangsverfahren im Vordergrund.

#### **c) Vertiefungsrichtung „Hochfrequenzsysteme“**

Die stets zunehmenden Geschwindigkeitsanforderungen an die Schaltungselektronik insbesondere im Kontext der nachrichtentechnischen Datenübertragung bedeutet, dass sowohl die elektronischen Komponenten als auch die resultierenden Übertragungskanäle oft an den Grenzen des physikalisch Machbaren betrieben werden müssen. Unter diesem Gesichtspunkt konvergiert jegliche Digitalelektronik zur Analogtechnik der schnellen elektronischen Schaltungen und der wellenförmigen elektromagnetischen/optischen Signalausbreitung. Es resultiert ein interessanter Grenzbereich, welcher durch das Gebiet der *Hochfrequenzsysteme* methodisch erfasst wird.

Die Studierenden werden in dieser Vertiefungsrichtung an die physikalischen Grundlagen (Physical Layer) und die mathematische Beschreibung der elektromagnetischen Signalausbreitung auf Leitungen, in Funkkanälen und in optischen Glasfasern herangeführt. Dies erfordert auch Kenntnisse der entsprechenden Sender- und Empfängersysteme, wozu sowohl Antennen als auch die entsprechenden Schaltungskonzepte der Hochfrequenztechnik gehören. Die methodische Herangehensweise beinhaltet neben der numerischen Modellbildung mit Hilfe gängiger Simulationsplattformen auch die Befähigung zum konkreten Schaltungsentwurf. Ein konkretes Ziel dieser Vertiefungsrichtung ist die Stärkung der Entwurfskompetenz, z. B. bei der Auslegung von Funkkanälen und der Entwicklung von Hochfrequenzkomponenten bis hin zur Planung und Realisierung von optischen Netzen und von Datenübertragungssystemen mit höchsten Datenraten.

Für die Absolventinnen und Absolventen eröffnen sich hiermit die besten Berufsaussichten im Bereich der Funkplanung, Netzauslegung und dem Entwurf leistungsfähiger Kommunikationsnetze z.B. für InRaum-Umgebungen bzw. für die optische Telekommunikation oder das Cluster-Computing sowie der Verbindungstechnik in modernsten Rechen- und Router-Anlagen. Die Expertise hochfrequenz-affiner Ingenieure und Ingenieurinnen wird gegenwärtig sowohl von zahlreichen Engineering-

Abteilungen (z.B. in der Sicherheits-, Radar-, Mess- und Sensortechnik) als auch im Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) sehr stark nachgefragt.

Inhaltliche Schwerpunkte sind:

- Theorie und Modellierung elektromagnetischer Felder,
- Wellenausbreitung in Funkkanälen und optischen Übertragungsmedien,
- Systeme und Komponenten der optischen Kommunikation,
- Antennentechnik und Hochfrequenzsysteme,
- Schaltungskonzepte der Mikrowellenelektronik.

#### Kompetenzprofil und Lernziele:

Die Studierenden erwerben die erforderlichen fachlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Methoden, die sie zu wissenschaftlichem Arbeiten und zu verantwortlichem Handeln befähigen. Das Studium vermittelt insbesondere Kenntnisse und Fähigkeiten, die dazu dienen, wissenschaftliche Methoden auf dem Gebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik nicht nur anzuwenden, sondern auch zu analysieren und für die Lösung von Problemen dieses Fachgebiets weiterzuentwickeln. In der Vertiefungsrichtung Hochfrequenzsysteme liegt dabei der Schwerpunkt auf der Wellenausbreitung (im freien Raum, auf Leitern, in Lichtwellenleitern) und auf Bauelementen und Schaltungen für hohe Frequenzen.

#### **d) Vertiefungsrichtung „Intelligente Energienetze**

Im Rahmen der Energiewende wird es unabdingbar, Netze und Verbrauch an die fluktuierenden regenerativen Einspeisungen flexibel anzupassen. Den Studierenden wird hierzu vermittelt

- ein grundlegendes Verständnis des elektrischen Energieversorgungssystems (Aufbau, Topologie, Betrieb, Analyse),
- die Kenntnis der Möglichkeiten, den aktuellen Zustand des Netzes transparent werden zu lassen, insbesondere auch auf der Verteilebene,
- ein Überblick über Methoden und Maßnahmen, um Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie besser an die jeweils gegebene regenerative Einspeisesituation anzupassen.

Die Absolventinnen und Absolventen verstehen den Aufbau, die eingesetzten Betriebsmittel sowie den Betrieb und die Regelung von elektrischen Energieversorgungsnetzen. Sie verstehen die Prinzipien und das Verhalten konventioneller und regenerativer Einspeisungen (Kraftwerke). Sie verstehen die zur Beeinflussung von Erzeugung und Verbrauchern eingesetzten Methoden und Informationskanäle. Vor allem können sie entsprechende Systeme modellieren, simulieren, analysieren und konzipieren.

Der Einsatz der Absolventen ist z.B. bei Netzbetreibern (insbesondere der Verteilnetzebene), bei Herstellern moderner Netzleittechnik oder bei Herstellern entsprechender lokaler Steuerungstechnik („intelligentes Haus“) denkbar.

Inhaltliche Schwerpunkte sind:

- Elektromagnetische Felder und Hochspannungstechnik,
- Erzeugung und Transport elektrischer Energie,
- dezentrale Elektrizitätserzeugung und -verteilung,
- (intelligente) Steuerung und Regelung von Energienetzen,
- hierfür geeignete Informations- und Kommunikationstechnologien.

#### Kompetenzprofil und Lernziele:

Die Studierenden erwerben die erforderlichen fachlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Methoden, die sie zu wissenschaftlichem Arbeiten und zu verantwortlichem Handeln befähigen. Das Studium vermittelt insbesondere Kenntnisse und Fähigkeiten, die dazu dienen, wissenschaftliche Methoden auf dem Gebiet der Elektrotechnik und Informationstechnik nicht nur anzuwenden, sondern auch zu analysieren und für die Lösung von Problemen dieses Fachgebiets weiterzuentwickeln. In der Vertiefungsrichtung Intelligente Energienetze stehen dabei Energieversorgungsnetze im Vordergrund, bei denen Netze und Verbraucher flexibel an die regenerativen fluktuierenden Einspeisungen angepasst werden müssen. Hierzu gehören auch geeignete Kommunikations- und Automatisierungstechnologien.

## 2 Regelstudienpläne

Die Regelstudienpläne der vier verschiedenen Vertiefungsrichtungen des Elektrotechnik und Informationstechnik (EIT) Master-Fernstudiengangs sind dieser und den nachfolgenden Seiten zu entnehmen.

Die Spalten der Tabellen haben folgende Bedeutung:

- Spalte 1 (Name):     **fett:** Name des Moduls bzw. Name des Wahlpflichtbereichs;
- Spalte 2 (Cr):       Credits (ECTS),
- Spalte 3 (P/S):     **P**     Prüfungsleistung:  
                              - Klausur nach §20 der Prüfungsordnung (PO) oder  
                              - mündliche Prüfung nach §19 der PO, bzw.  
                              - Master-Arbeit nach §22 der PO;
- S**     Studienleistung  
                              - bei Seminaren nach §21 Abs. 2 bzw. 3 der PO,  
                              - bei Fernpraktika nach §21 Abs. 4 der PO;
- S+P**   Studienleistung nach §20 Abs. 5 und Prüfungsleistung wie oben.
- Spalte 4 (PT)       Präsenztage (Präsenzzeit in Tagen bei Präsenzveranstaltungen),
- Spalte 5 (Sem):     Semester.

<b>EIT-Master Fernstudiengang, Vertiefungsrichtung AT (Automatisierungstechnik)</b>
---

Name	Cr	P/S	PT	Sem
<b>Einführungsseminar F</b>	<b>1</b>	<b>S</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Zustandsregelung</b>	<b>4</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>1</b>
<b>Theorie statistischer Signale</b>	<b>5</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>1</b>
<b>Prozessautomatisierung F</b>	<b>5</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>1</b>
<b>Modelling and Simulation of Dynamic Systems</b>	<b>4</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>2</b>
<b>Thermodynamik und Kraftwerktechnik</b>	<b>4</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>2</b>
<b>Leistungselektronik</b>	<b>4</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>2</b>
<b>Power System Operation and Control</b>	<b>4</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>2</b>
<b>Fachseminar F1</b>	<b>1</b>	<b>S</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Nonlinear Control Systems</b>	<b>4</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>3</b>
<b>State and Parameter Estimation</b>	<b>4</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>3</b>
<b>Modellbildung und Regelung Fernpraktikum</b>	<b>5</b>	<b>S</b>	<b>-</b>	<b>3</b>
<b>Fehlerdiagnose und Fehlertoleranz in technischen Systemen</b>	<b>4</b>	<b>S+P</b>	<b>-</b>	<b>4</b>
<b>Wahlpflichtbereich F-AT</b>				
Wahlpflichtfach F-AT 1 *)	<b>4</b>	<b>S+P *)</b>	<b>-</b>	<b>4</b>
Wahlpflichtfach F-AT 2 *)	<b>4</b>	<b>S+P *)</b>	<b>-</b>	<b>4</b>
<b>Fachseminar F2</b>	<b>3</b>	<b>S</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>Master-Arbeit</b> (einschließlich Kolloquium)	<b>30</b>	<b>P</b>	<b>**)</b>	<b>5+6</b>
Summe	90			

\*) im Wahlpflichtbereich F-AT insgesamt 8 Credits aus Fächern des Wahlpflichtkatalogs F-AT. Die Prüfungsleistung (P) entfällt, sofern ein Fernpraktikum als Wahlpflichtfach gewählt wird.

\*\*\*) Präsenzzeiten bei der Master-Arbeit zu Besprechungen und für das Kolloquium in Absprache mit dem Betreuer.



**EIT-Master Fernstudiengang, Vertiefungsrichtung DKS (Digitale Kommunikationssysteme)**

Name	Cr	P/S	PT	Sem
<b>Einführungsseminar F</b>	<b>1</b>	S	1	1
<b>Signalverarbeitung 1</b>	<b>5</b>	S+P	-	1
<b>Theorie statistischer Signale</b>	<b>5</b>	S+P	-	1
<b>Optische Netze</b>	<b>4</b>	S+P	-	1
<b>Übertragungstechnik</b>	<b>5</b>	S+P	-	2
<b>Radio Wave Propagation and Antennas</b>	<b>4</b>	S+P	-	2
<b>Coding Theory</b>	<b>3</b>	S+P	-	2
<b>Kommunikation Fernpraktikum</b>	<b>3</b>	S	-	2
<b>Fachseminar F1</b>	<b>1</b>	S	1	3
<b>Signalverarbeitung 2</b>	<b>5</b>	S+P	-	3
<b>OFDM-Übertragungstechnik</b>	<b>4</b>	S+P	-	3
<b>Moderne Funkssysteme</b>	<b>5</b>	S+P	-	4
<b>Wahlpflichtbereich F-DKS</b>				
Wahlpflichtfach F-DKS 1 *)	<b>4</b>	S+P *)	-	3
Wahlpflichtfach F-DKS 2 *)	<b>4</b>	S+P *)		4
Wahlpflichtfach F-DKS 3 *)	<b>4</b>	S+P *)	-	4
<b>Fachseminar F2</b>	<b>3</b>	S	2	4
<b>Master-Arbeit</b> (einschließlich Kolloquium)	<b>30</b>	P	**)	5+6
Summe	90			

\*) im Wahlpflichtbereich F-DKS insgesamt 12 Credits aus Fächern des Wahlpflichtkatalogs F-DKS. . Die Prüfungsleistung (P) entfällt, sofern ein Fernpraktikum als Wahlpflichtfach gewählt wird.

\*\*) Präsenzzeiten bei der Masterarbeit zu Besprechungen und für das Kolloquium in Absprache mit dem Betreuer.

<b>EIT-Master Fernstudiengang, Vertiefungsrichtung HFS (Hochfrequenzsysteme)</b>
--

Name	Cr	P/S	PT	Sem
<b>Einführungsseminar F</b>	<b>1</b>	S	1	1
<b>Theoretische Elektrotechnik 1</b>	<b>6</b>	S+P	-	1
<b>Microwave Theory and Techniques</b>	<b>4</b>	S+P	-	1
<b>Optische Netze</b>	<b>4</b>	S+P	-	1
<b>Elektromagnetische Verträglichkeit</b>	<b>4</b>	S+P	-	2
<b>Integrierte Analogschaltungen</b>	<b>3</b>	S+P	-	2
<b>Lasertechnik</b>	<b>4</b>	S+P	-	2
<b>Hochfrequenz und Photonik Fernpraktikum</b>	<b>3</b>	S	-	2
<b>Fachseminar F1</b>	<b>1</b>	S	1	3
<b>Theoretische Elektrotechnik 2</b>	<b>6</b>	S+P	-	3
<b>Computational Electromagnetics 1</b>	<b>4</b>	S+P	-	3
<b>Moderne Funkssysteme</b>	<b>5</b>	S+P	-	3
<b>Radio Wave Propagation and Antennas</b>	<b>4</b>	S+P	-	4
<b>Wahlpflichtbereich F-HFS</b>				
Wahlpflichtfach F-HFS 1 *)	<b>4</b>	S+P *)	-	4
Wahlpflichtfach F-HFS 2 *)	<b>4</b>	S+P *)	-	4
<b>Fachseminar F2</b>	<b>3</b>	S	2	4
<b>Master-Arbeit</b> (einschließlich Kolloquium)	<b>30</b>	P	**)	5+6
Summe	90			

\*) im Wahlpflichtbereich F-HFS insgesamt 8 Credits aus Fächern des Wahlpflichtkatalogs F-HFS. .  
Die Prüfungsleistung (P) entfällt, sofern ein Fernpraktikum als Wahlpflichtfach gewählt wird.

\*\*) Präsenzzeiten bei der Masterarbeit zu Besprechungen und für das Kolloquium in Absprache mit dem Betreuer.

<b>EIT-Master Fernstudiengang, Vertiefungsrichtung IEN (Intelligente Energienetze)</b>
--

Name	Cr	P/S	PT	Sem
<b>Einführungsseminar F</b>	<b>1</b>	S	1	1
<b>Theoretische Elektrotechnik 1</b>	<b>6</b>	S+P	-	1
<b>Prozessautomatisierung F</b>	<b>5</b>	S+P	-	1
<b>Energiewirtschaft</b>	<b>3</b>	S+P	-	1
<b>Thermodynamik und Kraftwerktechnik</b>	<b>4</b>	S+P	-	2
<b>Power System Operation and Control</b>	<b>4</b>	S+P	-	2
<b>Elektromagnetische Verträglichkeit</b>	<b>4</b>	S+P	-	2
<b>Leistungselektronik</b>	<b>4</b>	S+P	-	2
<b>Fachseminar F1</b>	<b>1</b>	S	1	3
<b>Grundlagen der Hochspannungstechnik</b>	<b>5</b>	S+P	-	3
<b>Betriebsmittel der Hochspannungstechnik</b>	<b>4</b>	S+P	-	3
<b>Informationstechnik in der elektrischen Energietechnik</b>	<b>4</b>	S+P	-	3
<b>Sicherheit in Kommunikationsnetzen</b>	<b>4</b>	S+P	-	4
<b>Wahlpflichtbereich F-IEN</b>				
Wahlpflichtfach F-IEN 1 *)	<b>4</b>	S+P *)	-	4
Wahlpflichtfach F-IEN 2 *)	<b>4</b>	S+P *)	-	4
<b>Fachseminar F2</b>	<b>3</b>	S	2	4
<b>Master-Arbeit</b> (einschließlich Kolloquium)	<b>30</b>	P	**)	5+6
Summe	90			

\*) im Wahlpflichtbereich F-IEN insgesamt 8 Credits aus Fächern des Wahlpflichtkatalogs F-IEN. .  
Die Prüfungsleistung (P) entfällt, sofern ein Fernpraktikum als Wahlpflichtfach gewählt wird.

\*\*) Präsenzzeiten bei der Masterarbeit zu Besprechungen und für das Kolloquium in Absprache mit dem Betreuer.

### **3 Modulbeschreibungen**

Die Module (und Wahlpflichtbereiche) aller Vertiefungsrichtungen sind im Folgenden in alphabetischer Reihenfolge beschrieben. Eine Übersicht ist im Inhaltsverzeichnis (am Anfang des Modulhandbuches) zu finden.

Wahlpflichtkataloge und Beschreibungen solcher Wahlpflichtfächer, die in keiner Vertiefungsrichtung Pflicht sind, sind an anderer Stelle zu finden, z. B. online in der Veranstaltungsdatenbank unter <https://ti.uni-due.de/vdb/>.

Folgende Informationen gelten generell und sind daher nicht mehr bei den einzelnen Modulen erläutert:

#### **Lehrveranstaltungs-Art:**

- Alle Module, deren Name den Begriff „Seminar“ enthält, sind Seminare. Näheres siehe in der Modulbeschreibung.
- Alle Module, deren Name den Begriff „Fernpraktikum“ enthält, sind Fernpraktika. Näheres siehe in der Modulbeschreibung.
- Alle weiteren Lehrveranstaltungen außer der Master-Arbeit sind Fernstudium-Kurse, zu denen eLearning-Unterlagen angeboten werden, die den theoretischen Stoff sowie Übungsaufgaben und Online-Tests enthalten. Außer Textdateien sind dies vor allem Videodateien, die in deutscher Sprache Bilder, Gleichungen etc. erklären.

#### **Sprache:**

Im internationalen Umfeld der Elektrotechnik und Informationstechnik spielt Englisch eine zunehmende Rolle als internationale Fachsprache. Ziel des Studiums ist es daher auch, durch Verwendung der englischen Sprache in den schriftlichen Unterlagen zu ausgewählten Modulen eine Vertrautheit mit der englischen Fachsprache zu vermitteln. Entsprechende Sprachkenntnisse zum Verstehen geschriebener Texte werden daher erwartet, möglichst auf dem Niveau B1. Eventuell unbekannte Vokabeln sind nachzuschlagen. Das spezifische Fachvokabular wird im Rahmen des Kurses erlernt.

Bei solchen Modulen ist als Sprache „englisch/deutsch“ oder „deutsch/englisch“ angegeben. Dies bedeutet, dass die geschriebenen Texte und Beschriftungen von Bildern etc. in den Kursunterlagen überwiegend in englischer Sprache sind. Die mit Mikrophon dazu aufgenommenen sprachlichen Erläuterungen in den Videosequenzen sind aber in deutscher Sprache. Schriftliche Prüfungsaufgaben werden dann in beiden Sprachen angeboten, bei mündlichen Prüfungen kann die Sprache gewählt werden.

#### **Wahlpflichtbereiche / Wahlpflichtfächer:**

Wahlpflichtbereiche sind keine Module. Vielmehr sind in ihnen die Wahlpflichtfächer zusammengefasst, die aus Katalogen zu wählen sind. Die Wahlpflichtkataloge werden jedes Semester vom Prüfungsausschuss aktualisiert. In jedem Fach ist eine Prüfungsleistung zu erbringen. Insofern kann jedes Wahlpflichtfach als ein separates Modul betrachtet werden. Die Beschreibungen der Wahlpflichtfächer, sofern sie nicht in einer der Vertiefungsrichtungen Pflichtfach sind, sind an anderer Stelle zu finden, z. B. online unter <https://www.online-master-eit.de/?p=14>.

**Modulname****Betriebsmittel der Hochspannungstechnik****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Studienjahr**

2

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Grundlagen der Hochspannungstechnik.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Betriebsmittel der Hochspannungstechnik	3	120	4

**Beschreibung**

Die Veranstaltung wendet die Grundlagenkenntnisse zur Hochspannungstechnik auf Betriebsmittel der Hochspannungstechnik an. Neben den Konstruktionselementen von Transformatoren, Teilern, Durchführungen, Ausleitungen und Hoch- und Mittelspannungsschalter werden Leitungen und deren transientes Verhalten diskutiert.

**Ziele**

Die Studierenden sind in der Lage, hochspannungstechnische Geräte zu analysieren und zu entwickeln. Sie beurteilen die Wirksamkeit konstruktiver Elemente und das Verhalten von Isolierstoffen in komplexen Geräten.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (mündliche Prüfung, 30 bis 60 min).

**Literatur**

- E.Kuffel, W.S.Zaengl, J.Kuffel: High Voltage Engineering: Fundamentals. Newnes, 2005.
- M.Beyer, W.Boeck, K.Möller: Hochspannungstechnik: Theoretische und praktische Grundlagen. Springer, 2006.
- A.J.Schwab: Begriffswelt der Feldtheorie. Springer, 1998.

**Modulname**

# Coding Theory

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylwik

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylwik

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	englisch/deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

-

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Coding Theory	2	90	3

**Beschreibung**

Die Lehrveranstaltung führt umfassend in verschiedene Codierungstechniken ein. Nach einer Einführung in informationstheoretische Grundlagen werden grundlegende Verfahren der Quellencodierung behandelt. Den Schwerpunkt der Vorlesung bilden Verfahren zur Kanalcodierung. Hierbei werden Blockcodes, insbesondere zyklische Codes und Reed-Solomon-Codes, deren Leistungsfähigkeit, Codierungsverfahren sowie Decodierungsverfahren besprochen. Abschließend werden Faltungscodes, deren Leistungsfähigkeit und deren Beschreibungsmöglichkeiten diskutiert. Als Decodierungsverfahren wird der Viterbi-Algorithmus behandelt.

**Ziele**

Die Studierenden sind in der Lage, Codes mit vorgegebenen Eigenschaften eigenständig zu entwickeln. Außerdem können sie unterschiedliche Decodierungsverfahren entwickeln und anwenden sowie deren Leistungsfähigkeit beurteilen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 min).

**Literatur**

- H. Schneider-Obermann: Kanalcodierung. Vieweg-Verlag, 1998.
- B. Friederichs: Kanalcodierung. Springer-Verlag, 1994.
- M. Bossert: Kanalcodierung. Teubner-Verlag, 1992.

**Beschreibung (englisch)**

The subject coding theory amply introduces the students to the various coding techniques. After an introduction to information theory basics, primary procedures of source coding will be handled. The emphasis of the lecture lies on the procedures of channel coding. Here, block codes, in particular cyclic codes and Reed-Solomon-Codes including their performance, coding techniques as well as decoding techniques will be discussed. In conclusion, convolutional codes, their efficiency and their description will be discussed too. The Viterbi algorithm will be used as decoding method.

**Ziele (englisch)**

The students are able to develop codes from some predefined properties. They know the needed procedures. Moreover, they know how to develop decoding techniques and to use them and also they are able to judge their effectiveness and efficiency.

**Modulname**

# **Computational Electromagnetics 1**

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Andreas Rennings

**Lehrende**

Dr.-Ing. Andreas Rennings

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
2	Fernstudium-Kurs	englisch/deutsch	-

## **Empfohlene Voraussetzungen**

Grundlagenwissen über statische elektrische oder magnetische Felder - beispielsweise durch die Veranstaltung "Theoretische Elektrotechnik 1".

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Computational Electromagnetics	3	120	4

## **Beschreibung**

Numerische Berechnungsverfahren für elektromagnetische Felder gehören mit zu den wichtigsten Entwurfswerkzeugen für Bauelemente und Systeme z. B. der Hochfrequenztechnik, der angewandten Optik, aber auch der Energietechnik. Diese Veranstaltung erläutert verschiedene Formulierungen des elektromagnetischen Feldproblems und setzt diese mit den entsprechenden numerischen Lösungsverfahren in Beziehung.

Es wird die Bedienung von kommerziellen feldbasierten Entwicklungswerkzeugen auf Basis der betrachteten Methoden anhand diverser Beispiele demonstriert, welche in Abhängigkeit der Interessenslage der Zuhörer ausgewählt werden. Dabei sollen die Teilnehmer unter Anleitung erste eigene Simulationsdurchläufe (Geometrie-Eingabe, Simulator-Einstellungen, eigentliche Simulation, Interpretation der Ergebnisse) erfahren und dadurch sukzessive die Software-Pakete kennen lernen.

Die Veranstaltung ist insbesondere für Studierende geeignet, die eine Projekt-, Bachelor- oder Masterarbeit im Bereich der numerischen Feldsimulation anstreben bzw. im Rahmen ihrer o.g. Abschlussarbeiten kommerzielle feldbasierte Software einsetzen.

Innerhalb der Veranstaltung werden numerische Verfahren und zugehörige Software-Tools thematisiert, welche in der Praxis weite Verbreitung gefunden haben:

- Finite-Differenzen im Zeitbereich (FDTD), Software: Empire™ XCcel
- Momenten-Methode (MoM), Software: FEKO™ (FEKO LITE)
- Finite Elemente Methode (FEM), Software: COMSOL Multiphysics™ oder FEKO™ (FEKO LITE)

## **Ziele**

Die Teilnehmer wissen und verstehen,

- warum numerische Methoden für das elektromagnetische Design von Bauteilen/Systemen aus der Praxis unbedingt benötigt werden,
- wie sie die mathematische Formulierung der Lösung eines Feldproblems in ein systematisches Computerprogramm umsetzen,
- welche numerische Methode am Besten für ein spezielles Problem geeignet ist,
- wie sie einen PC (Hardware) und kommerzielle Software effizient für das elektromagnetische Design einsetzen können,
- welche Limitierungen die vorgestellten numerischen Methoden haben.

Sie verstehen folgende Methoden im Detail und können die zugehörigen Software-Tools anwenden:

- Finite-Differenzen im Zeitbereich (FDTD), Software: Empire™ XCcel,
- Momenten-Methode (MoM), Software: FEKO™ (FEKO LITE),
- Finite Elemente Methode (FEM), Software: COMSOL Multiphysics™ oder FEKO™ (FEKO LITE).

## **Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (Klausur 60 bis 120 min oder mündliche Prüfung 30 bis 60 Minuten).

#### **Literatur**

- Allen Taflove, Susan C. Hagness: Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method. Norwood: Artech House, 2005.
- Roger F. Harrington: Field Computation by Moment Methods. New York: John Wiley & Sons, 1993. (reprint of IEEE Press)
- Jianming Jin: The Finite Element Method in Electromagnetics. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- Tatsuo Itoh: Numerical Techniques for Microwave and Millimeter-Wave Passive Structures. New York: John Wiley & Sons, 1989.

#### **Beschreibung (englisch)**

This course deals with different formulations of electromagnetic field problems and with corresponding numerical solutions. Commercial tools and their use are demonstrated. The participants can design and run their own simulations (geometry input, simulator modes, simulation run, interpretation of results) . Hereby the successively get familiar with the software tools.

In detail, the course deals with the following numerical methods and corresponding tools, which are used in practice:

- Finite differences in time-domain (FDTD), Software: Empire™ XCcel,
- Method of Moments (MoM), Software: FEKO™ (FEKO LITE),
- Finite Element Method (FEM), Software: COMSOL Multiphysics™ oder FEKO™ (FEKO LITE).

#### **Ziele (englisch)**

The students know and understand

- why computer-aided methods are needed for design of devices and systems,
- how to convert the mathematical formulation of a field problem into a systematic computer program,
- which method is suitable for which kind of special problem,
- how to effectively use a PC (hardware) and commercial software for electromagnetic design,
- what are the limitations of the different numerical methods.

They understand in detail the following methods and can apply the corresponding software tools:

- finite differences in time-domain (FDTD), software: Empire™ XCcel,
- method of moments (MoM), software: FEKO™ (FEKO LITE),
- finite elements method (FEM), software: COMSOL Multiphysics™ or FEKO™ (FEKO LITE).



**Modulname****Einführungsseminar F****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kaiser

**Lehrende**

Alle Lehrenden im Fernstudiengang.

**Studienjahr**

1

**Lehrveranstaltungs-Art**

Präsenz-Seminar

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

keine

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Einführungs-Seminar F	1	30	1

**Beschreibung**

Vor dem Einführungsseminar sind bestimmte vorbereitende Aufgaben online durchzuführen.

Das Seminar ist eine Präsenzveranstaltung zu Beginn des Fernstudiums. Während der Präsenz erhalten die Studierenden Informationen und Anleitungen zum Fernstudium. Diese umfassen:

- Erläuterung der Organisation des Fernstudiums,
- Erläuterung der Lernplattform, ihrer Inhalte und des Zugangs,
- Anleitung zum Lernen im Fernstudium, auch zur Bildung von Lerngruppen (Foren) und zur Kommunikation mit den Lehrenden.
- Hinweise zu den einzelnen Modulen, einschließlich der Voraussetzungen.

Die Präsenz wird auch genutzt, um (wenige) fachliche mathematische und elektrotechnische Grundlagen aufzufrischen und an deren Beispiel die Vorgehensweise bei der Beantwortung von Tests und bei der Lösung von Übungsaufgaben im Rahmen von Fernstudium-Kursen zu üben.

**Ziele**

Die Studierenden kennen die Lernplattform (mit Dateien zu Vorlesungssegmenten, Übungsaufgaben und zu den Fernpraktika), Lernforen, Kommunikationsmöglichkeiten mit den Dozenten, und sind in der Lage, diese sowie die empfohlene Literatur für das Lernen im Rahmen des Fernstudiums angemessen zu nutzen. Sie kennen die organisatorischen Abläufe des Fernstudiums. Sie sind über die Inhalte und fachlichen Voraussetzungen der Module informiert.

Die Studierenden verstehen bestimmte ausgewählte Zusammenhänge aus den mathematischen und elektrotechnischen Grundlagen und können diese Kenntnisse zur Lösung von Test- und Übungsaufgaben anwenden.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung: Lösung vorbereitender Aufgaben (online) sowie während der Präsenz erfolgreiches Lösen der Test- und Übungsaufgaben.

**Literatur**

Informationsmaterial auf der Lernplattform.

**Modulname****Elektromagnetische Verträglichkeit****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Studienjahr**

1

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Grundlagen der elektromagnetischen Feldtheorie (Theoretische Elektrotechnik 1).

**Nr.**

1

**Veranstaltung**

Elektromagnetische Verträglichkeit

**Semester**

2

**Arbeitsaufwand in h**

120

**Credits**

4

**Beschreibung**

Elektrische und elektronische Geräte basieren auf dem gezielten Transport und der Verarbeitung elektrischer und magnetischer Felder. Neben dieser beabsichtigten ist eine unbeabsichtigte Feldausbreitung oder Beeinflussung einer elektrischen Funktion durch Felder möglich, die von anderen Geräten der Umgebung stammen. Genau mit solchen Störphänomenen beschäftigt sich die Vorlesung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Es werden Verfahren zur Sicherstellung der Produkteigenschaft EMV entwickelt. Neben der EMV-Messtechnik und -Messverfahren werden technische Maßnahmen am Produkt besprochen und charakterisiert. In einer Übung werden die Lehrinhalte vertieft.

**Ziele**

Die Studenten sind in der Lage, technische Maßnahmen zur Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit wie Filterung und Schirmung zu dimensionieren. Sie erlernen die begründete Auswahl geeigneter EMV-Messverfahren für bestimmte Produkte im Rahmen der Qualitätssicherung.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (mündliche Prüfung, 30 bis 60 min).

**Literatur**

- Schwab: Elektromagnetische Verträglichkeit , Springer Verlag 1996.
- Perez: Handbook of EMC, Academic Press 1995.

<b>Modulname</b>
<b><u>Energiewirtschaft</u></b>
<b>Modulverantwortlicher</b>
Prof. Dr.-Ing. habil. Istvan Erlich
<b>Lehrende</b>
Prof. Dr.-Ing. habil. Istvan Erlich

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
-

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Energiewirtschaft	1	90	3

<b>Beschreibung</b>
Struktur der elektrischen Energieversorgung in Deutschland und weltweit; Investitionsrechnung in der elektrischen Energieversorgung; Kosten der elektrischen Energieerzeugung und -übertragung; Optimierung und andere Einsparpotentiale; Tarifmodelle; Aufbau und Funktionsweise des liberalisierten Strommarktes;
<b>Ziele</b>
Die Studierenden verstehen die ökonomischen Zusammenhänge der elektrischen Energieerzeugung, Übertragung und Verteilung und kennen die Funktionsweise des liberalisierten Strommarktes.
<b>Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote</b>
Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).
<b>Literatur</b>
- R. Flosdorff; G. Hilgarth: Elektrische Energieversorgung. Teubner Verlag, 1986.

**Modulname****Fachseminar F1****Modulverantwortlicher**

- für Vertiefungsrichtung AT: Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding
- für Vertiefungsrichtung DKS: Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylwik
- für Vertiefungsrichtung HFS: Prof. Dr. sc. techn. Daniel Erni
- für Vertiefungsrichtung IEN: Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Lehrende**

Alle Lehrenden des Fernstudiengangs.

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
2	Präsenz-Seminar	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Weitgehender Abschluss der ersten drei Semester.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Fachseminar F1	3	30	1

**Beschreibung**

Vor dem Fachseminar F1 sind bestimmte vorbereitende Aufgaben online durchzuführen.

Das Seminar ist eine Präsenzveranstaltung. Zu Beginn der Präsenz erhält jeweils eine Gruppe von Studierenden eine im Umfang begrenzte Aufgabenstellung aus dem Themenbereich ihrer Vertiefungsrichtung und dazu geeignete Literatur und eventuell weitere Unterlagen. Daraus sind theoretische Zusammenhänge und Ergebnisse zu erarbeiten und zu präsentieren.

Die Präsenz wird weiterhin genutzt zur Information über die Wahlpflichtfächer und ihre Auswahl sowie für organisatorische Hinweise und Anleitungen zum Fachseminar F2, das im 4. Semester vorgesehen ist, sowie zu Anforderungen, Organisation und Themensuche der Master-Arbeit.

**Ziele**

Die Studierenden sind in der Lage, sich mit Hilfe von Literatur bestimmte fachliche Zusammenhänge zu erarbeiten, diese auf eine bestimmte Aufgabenstellung anzuwenden und die Zusammenhänge in einem Vortrag verständlich zu präsentieren. Sie können sich mit anderen Mitgliedern eines Teams koordinieren.

Die Studierenden sind über die Inhalte und fachlichen Voraussetzungen der Wahlpflichtfächer informiert. Sie kennen Organisation und Anforderungen des Fachseminars F2 sowie der Master-Arbeit.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung: Erfüllung vorbereitender Aufgaben (online) sowie während der Präsenz erfolgreiche Erarbeitung / Lösung einer Aufgabenstellung und Präsentation der Zusammenhänge.

**Literatur**

Je nach Aufgabenstellung.

**Modulname****Fachseminar F2****Modulverantwortlicher**

- für Vertiefungsrichtung AT: Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding
- für Vertiefungsrichtung DKS: Prof. Dr.-Ing. Andreas Czulwik
- für Vertiefungsrichtung HFS: Prof. Dr. sc. techn. Daniel Erni
- für Vertiefungsrichtung IEN: Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Lehrende**

Alle Lehrenden des Fernstudiengangs.

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
2	Präsenz-Seminar	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Weitgehender Abschluss des zweiten Studienjahres.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Fachseminar F2	4	90	3

**Beschreibung**

Vor dem Fachseminar F2 erhalten kleine Gruppen von Studierenden ein Thema aus dem Themenbereich ihrer Vertiefungsrichtung und dazu (online) geeignete Informationen. Zu dem Thema müssen sie sich fachlich informieren, vor allem mit Hilfe von Fachliteratur, sich untereinander per Kommunikation koordinieren, und jeder einzelne muss eine Präsentation ausarbeiten.

Das Seminar ist eine Präsenzveranstaltung. Während der Präsenz tragen Studierende aus mehreren Gruppen ihre vorbereiteten Präsentationen vor, mit anschließender Diskussion.

Je nach Teilnehmerzahl wird das Seminar in mehrere größere Gruppen nach Themenbereichen aufgeteilt.

**Ziele**

Die Studierenden sind in der Lage, sich mit Hilfe von Fachliteratur ein vorher vereinbartes Thema aus ihrer Vertiefungsrichtung fachlich zu erarbeiten und in einem Vortrag verständlich zu präsentieren. Sie können sich mit anderen Mitgliedern eines Teams koordinieren und geeignete Schnittstellen und Zuständigkeiten absprechen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung: Präsentation in Form eines Vortrags zu einem vorher abgesprochenen Thema, mit anschließender Diskussion.

**Literatur**

Spezifisch für das jeweilige Thema.

**Modulname****Fehlerdiagnose und Fehlertoleranz  
in technischen Systemen****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
2	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Grundlagen der Systemtheorie und der statistischen Verfahren

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Fehlerdiagnose und Fehlertoleranz in technischen Systemen	4	120	4

**Beschreibung**

Hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit spielen in den modernen Automatisierungssystemen eine entscheidende Rolle. Schlüsseltechnologien sind modellgestützte Fehlerdiagnose und fehlertolerante Systeme. Es werden datenbasierte und modellgestützte Methoden zur Fehlerdiagnose und zur fehlertoleranten Regelung sowie die erforderlichen Entwurfsalgorithmen und Tools vorgestellt. Konkret besteht die Vorlesung aus drei Teilen:

- statistische Methoden zur Prozessüberwachung und -diagnose (u.a. GLR-, PCA-, PLS- und CCA-Methoden),
- Überwachungs- und Diagnosemethoden für dynamische Prozesse (Parity-space-Methoden, beobachtergestützte Technik und Subspace-Technik),
- Fehlertolerante Systeme: Grundkonzepte für den Entwurf fehlertoleranter regelungs- und automatisierungstechnischer Systeme.

**Ziele**

Die Studierenden kennen und verstehen die grundlegenden Konzepte und Methoden der technischen Fehlerdiagnose und der fehlertoleranten Regelung. Sie können für praxisbezogene Aufgabenstellungen eine qualifizierte Auswahl geeigneter Methoden treffen, diese anwenden und somit Systeme zur Fehlerdiagnose sowie fehlertolerante Systeme entwerfen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 min).

**Literatur**

Ding, S.X.: Model-based Fault Diagnosis Techniques. Springer-Verlag, 2<sup>nd</sup> Edition, 2013.  
Ding, S.X.: Data-driven Design of Fault Diagnosis and Fault-tolerant Control Systems. Springer-Verlag, 2014 (im Druck).

**Modulname**

# **Grundlagen der Hochspannungstechnik**

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Studienjahr**

2

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Theoretische Elektrotechnik 1.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Grundlagen der Hochspannungstechnik	3	150	5

**Beschreibung**

Die Veranstaltung behandelt die Grundlagen der Hochspannungstechnik. Im Zentrum steht das Verhalten von Materie bzw. des Vakuums beim Vorliegen hoher elektrischer Felder. Die Betrachtung der Durch- oder Überschlagsmechanismen reicht vom Zusammenbruch des Isoliervermögens bis hin zur Physik von Lichtbögen. Der Vorlesungsstoff wird durch Übungen vertieft.

**Ziele**

Die Studierenden sind in der Lage Durch- und Überschlagsmechanismen zu erklären und für einfache Isolieranordnungen anzuwenden. Sie können das Verhalten von Isolierstoffen analysieren und damit komplexe Isoliersysteme entwickeln.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (mündliche Prüfung, 30 bis 60 min).

**Literatur**

- E.Kuffel, W.S.Zaengl, J.Kuffel: High Voltage Engineering: Fundamentals. Newnes, 2005.
- M.Beyer, W.Boeck, K.Möller: Hochspannungstechnik: Theoretische und praktische Grundlagen. Springer, 2006.
- A.J.Schwab: Begriffswelt der Feldtheorie. Springer, 1998.
- V.Y.Ushakov: Insulation of High-Voltage Equipment. Springer, 2004.

**Modulname****Hochfrequenz und Photonik Fernpraktikum****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. sc. techn. Daniel Erni

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik, Prof. Dr. sc. techn. Daniel Erni, PD Dr.-Ing. habil. Andreas Stöhr

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernpraktikum	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

--

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Hochfrequenz und Photonik Fernpraktikum	2	90	3

**Beschreibung**

Das Praktikum beinhaltet die Modellbildung und Simulation einfacher Problemstellungen aus der Hochfrequenztechnik und Photonik. Mit Hilfe selbstständig erstellter Programme in der Simulationssoftware MATLAB sollen die Studierenden das charakteristische Betriebsverhalten typischer Bauelemente und Komponenten simulieren und darstellen. Diese Untersuchungen erfolgen in Kleinprojekten und können zu den folgenden Themen durchgeführt werden:

- Modenbestimmung einfacher Wellenleiter der Hochfrequenztechnik und Photonik,
- leitungstheoretisch beschreibbare Übertragungssysteme der Hochfrequenztechnik,
- optische Signalübertragung mit Dispersion und Verlustdämpfung,
- optische Signalprozessierung z.B. auf Basis der Modenkopplung und deren Anwendung bei optischen Komponenten wie Filter, Koppler und Modulatoren,
- Rauschen in Systemen der Hochfrequenztechnik und Photonik.

**Ziele**

Die Studierenden können das Betriebsverhalten gängiger Komponenten der Hochfrequenztechnik und Photonik im eigens erstellten numerischen Experiment selbstständig untersuchen. Sie sind dadurch auch in der Lage, die Begrenzungen des untersuchten Betriebsverhaltens durch ungewollte Einflüsse (z.B. durch Signalverzerrung bzw. Signaldämpfung, Übersprechen, Reflexion, Rauschen, usw.) quantitativ zu bewerten.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Studienleistung: Durchführung von Versuchen (Berechnungen/Simulationen) auf einem PC laut Anleitung, Rückmeldung von Ergebnissen und Auswertungen.

**Literatur**

Beschreibungen und Anleitungen zum Fernpraktikum.



**Modulname****Informationstechnik in der elektrischen Energietechnik****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

-

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Informationstechnik in der elektrischen Energietechnik	3	120	4

**Beschreibung**

In Energieanlagen nimmt die Informationsgewinnung über den Netzzustand, die Übertragung und die Verarbeitung von Information einen hohen Stellenwert ein. Die sich durch die physikalische Struktur des Energienetzes ergebenden Leistungsflüsse werden durch ein Informationsnetz logisch abgebildet. Entsprechende Verfahren, Technologien und Standards werden behandelt. Bei den Verfahren zur Informationsübertragung mit geeigneten Protokollen bilden die in Energieanlagen eingesetzten Feldbussysteme mit ihren besonderen Sicherheitsmechanismen einen Schwerpunkt.

**Ziele**

Die Studierenden sind in der Lage, Systeme der Informationsverarbeitung in elektrischen Energieanlagen zu analysieren, zu konzipieren und zu betreiben. Sie verstehen Verfahren und Technologien zur Informationsgewinnung und zur Informationsübertragung und kennen deren spezifische Vor- und Nachteile. Mit diesen Kenntnissen können sie informationstechnische Systeme von der Signalquelle über den Übertragungskanal bis zur Signalsenke für Einsatzfälle in der elektrischen Energietechnik entwerfen. Sie kennen die besonderen Sicherheitsanforderungen solcher Anwendungen und können entsprechende technische Maßnahmen beim Entwurf umsetzen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

**Literatur**

- K.Schwarz: Offene Kommunikation nach IEC 61850 für die Schutz- und Stationsleittechnik. VDE, 2004

**Modulname****Integrierte Analogschaltungen****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Rainer Kokozinski

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Rainer Kokozinski

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

aus dem Bachelor: Kenntnisse über Bauelemente (MOS, Bipolar).

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Integrierte Analogschaltungen	2	90	3

**Beschreibung**

Die Lehrveranstaltung behandelt theoretische Grundlagen und praktische Konzepte, die zum Entwurf und zur Analyse von analogen CMOS-Schaltungen benötigt werden.

Sie beginnt mit einer kurzen Wiederholung der passiven und aktiven Bauelemente, die in einer CMOS-Technologie zur Verfügung stehen. Als nächstes werden Grundsaltungen vorgestellt, wie der MOS-Schalter, Inverter, Kaskoden, Stromquellen und Stromspiegel und Differenzstufen, einschließlich einer Analyse des Groß- und Kleinsignalverhaltens, sowie Frequenzgang und Stabilität. Fügt man diese Einzelteile zusammen, gelangt man zum Entwurf von CMOS-Operationsverstärkern.

Abgetastete Signale spielen in der analogen CMOS-Technik eine herausragende Rolle. Daher besteht der zweite Teil in einer Einführung in zeitdiskrete Signale und ihre Nutzung in der Schalter-Kondensator-Technik. SC-Grundsaltungen werden vorgestellt, ebenso ihre Anwendung im Entwurf von SC-Filtern und D/A- oder A/D-Wandlern.

**Ziele**

Die Studierenden sind fähig zur / zum

- Analyse analoger integrierter Schaltungen
- Analyse von Gleich- und Wechselspannungsverhalten
- Analyse einfacher zeitdiskreter Schaltungen
- Aufbau von Verstärkern und A/D-, D/A-Umsetzern

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 min).

**Literatur**

- Phillip E. Allen, Douglas R. Holberg: CMOS analog circuit design. Oxford Univ. Press, New York, NY, 2<sup>nd</sup> ed., 2002.
- Behzad Razavi: Design of analog CMOS integrated circuits. McGraw-Hill, Boston, 2001.
- Phillip E. Allen, Edgar Sanchez-Sinencio: Switched capacitor circuits. van Nostrand Reinhold, New York, 1984
- R. Jacob Baker: CMOS circuit design, layout and simulation. Wiley Interscience, IEEE Press, Piscataway, 2<sup>nd</sup> edition, 2005

**Modulname**

# **Kommunikation Fernpraktikum**

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernpraktikum	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Theorie linearer Systeme (detaillierte Kenntnisse aus dem Bachelor-Studium werden vorausgesetzt), Theorie statistischer Signale, Übertragungstechnik, Coding Theory

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Kommunikation Fernpraktikum	2	90	3

**Beschreibung**

Das Praktikum soll grundlegende Aspekte der digitalen Übertragungstechnik vertiefen und Übertragungsverfahren an praktischen Beispielen veranschaulichen. Das Praktikum basiert auf MATLAB-Simulationen, die der Studierende durchzuführen hat. Die Simulationen beinhalten die Themen: Grundlegende Eigenschaften von Modulations- und Empfangsverfahren, Übertragung über Kanäle mit Intersymbolinterferenz, Quellencodierungsverfahren (Huffman-, Shannon- und Lempel-Ziv-Codierung), Kanalcodierungsverfahren (lineare Blockcodes, Reed-Solomon-Codes, Faltungscodes).

**Ziele**

Das Praktikum versetzt den Studierenden in die Lage, selbständig die physikalische Übertragungsschicht auch komplexer Übertragungssysteme zu modellieren und hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit (beispielsweise Restfehlerwahrscheinlichkeiten) zu analysieren. Insbesondere ist der Studierende fähig, unterschiedliche Übertragungsverfahren auf eine faire Weise miteinander zu vergleichen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Studienleistung: Durchführung von Versuchen (Simulationen) auf einem PC, Rückmeldung von Ergebnissen und Auswertungen.

**Literatur**

- Veranstaltungsunterlagen zu den Fächern Theorie statistischer Signale, Übertragungstechnik und Coding Theory.
- Proakis: Digital Communications.

**Modulname****Lasertechnik****Modulverantwortlicher**

PD Dr.-Ing. habil. Andreas Stöhr

**Lehrende**

PD Dr.-Ing. habil. Andreas Stöhr

**Studienjahr**

1

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen****Nr. Veranstaltung**

1 Lasertechnik

**Semester**

2

**Arbeitsaufwand in h**

120

**Credits**

4

**Beschreibung**

Der erste Teil umfasst die Grundprinzipien und die mathematische Beschreibung der elektromagnetischen Wellen. Die Lehrveranstaltung fährt fort mit den quantenmechanischen Beziehungen zwischen elektromagnetischen Wellen und Atomen, resultierend in den zwei wichtigsten Anforderungen für optische Verstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung (Laser). Besondere Aufmerksamkeit wird den Grundkonzepten, der Funktionalität und den charakteristischen Spezifikationen der unterschiedlichen Laser gewidmet; betrachtet werden z.B. der Helium-Neon Laser, der Ar-Ionlaser, der Excimer-Laser, der Ti-Sapphire-Laser, die Halbleiter-Laserdioden etc. Nach einer Diskussion wichtiger Laser-Komponenten folgen abschließend Beispiele von Laser-Anwendungen in den verschiedenen technischen Gebieten (Interferometrie, Spektroskopie, Kommunikationstechnik, Sensoren, Materialbearbeitung, Fusion usw...), und es werden zukünftige Trends besprochen.

**Ziele**

Die Studierenden sind in der Lage, die prinzipielle Funktionsweise eines Lasers zu beschreiben, die verschiedenen Lasertypen und Bauformen zu unterscheiden und spezifischen Einsatzgebieten zuzuordnen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 bis 120 min).

**Literatur**

- F. Pedrotti, L. Pedrotti, W. Bausch, H. Schmidt: Optik für Ingenieure – Grundlagen. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg, 3. Auflage 2005.
- D. Kühlke: Optik – Grundlagen und Anwendungen. Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main, 2004.
- W. Demtröder: Laserspektroskopie – Grundlagen und Techniken. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg, 2. Auflage 1991.

**Modulname**

# **Leistungselektronik**

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Holger Hirsch

**Studienjahr**

1

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Grundlagen der Elektronik, Grundlagen elektrischer Maschinen.

**Nr.**

1

**Veranstaltung**

Leistungselektronik

**Semester**

2

**Arbeitsaufwand in h**

120

**Credits**

4

**Beschreibung**

Die Innovation der elektrischen Antriebstechnik beruht zur Zeit hauptsächlich auf den Fortschritten der Leistungselektronik. Ihre Bauelemente und Grundschaltungen werden besprochen und in typischen Anwendungsfällen dargestellt. Beginnend mit der Darstellung der Notwendigkeit für den Einsatz der Leistungselektronik (Motivation) wird die Entwicklung von der Stromrichtertechnik zur Leistungselektronik aufgezeigt. Aktuelle Bauelemente wie Diode, Thyristor, GTO, Leistungstransistor und IGBT werden besprochen und ihre bevorzugten Einsatzmöglichkeiten herausgearbeitet. Anhand von einfachen Schaltungen werden die Berechnungsverfahren und die Schaltvorgänge vorgestellt (idealisierte, konventionelle und weitgehend genaue Betrachtungsweise durch Differentialgleichungen, Kommutierung, Gleich- und Wechselrichterbetrieb). Für selbstgeführte Wechselrichter werden die Steuerverfahren U-f-Kennlinie und Raumvektorverfahren erklärt und ihr Zusammenwirken mit Drehfeldmaschinen kurz skizziert. Die wichtigsten Grundschaltungen (B4, M3, B6) werden analysiert und ihr Verhalten wird anhand der Betriebsdiagramme behandelt.

**Ziele**

Die Studierenden verstehen den Aufbau, die Funktionsweise sowie die Einsatzgrenzen leistungselektronischer Bauelemente. Sie sind in der Lage, leistungselektronische Schaltungen zu analysieren, zu dimensionieren und zu entwickeln. Sie haben die Kompetenz, auf Basis gegebener Einsatzfälle (z.B. in Antrieben, Gleich- oder Wechselrichtern) geeignete leistungselektronische Schaltungen zu entwickeln. Auch können sie für eine gegebene Anwendung die Eignung entsprechender Komponenten und Geräte beurteilen und eine qualifizierte Auswahl treffen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 min).

**Literatur**

- Heumann, K.: Grundlagen der Leistungselektronik. Teubner verlag, 6. Aufl. 1996.
- Anke, D.: Leistungselektronik. R. Oldenbourg Verlag, 1986.
- Schröder, D.: Elektrische Antriebe - Band 3 und 4: Leistungselektronik. Springer Verlag 1996.

**Modulname****Master-Arbeit****Modulverantwortlicher**

NN

**Lehrende**

NN (alle Lehrenden des Fernstudiengangs)

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
3	Master-Arbeit	deutsch oder englisch	52 Credits

**Empfohlene Voraussetzungen**

Je nach Thema, mit dem Betreuer abzusprechen.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Master-Arbeit	5	900	30

**Beschreibung**

Die Master-Arbeit ist eine Prüfungsarbeit, in der die oder der Studierende zum Abschluss des Studiums zeigen soll, dass er innerhalb einer vorgegebenen Frist von 12 Monaten ein Problem selbstständig unter Anleitung nach wissenschaftlichen Methoden bearbeiten kann.

Die Arbeit soll wie ein Projekt in der Praxis unter Beachtung von Methoden des Projektmanagements betreut und durchgeführt werden. Dokumentation und Präsentation (Kolloquium, deutsch oder englisch) sollen zeigen, dass die oder der Studierende in der Lage ist, Zusammenhänge und Ergebnisse verständlich und präzise darzustellen.

**Ziele**

Die Master-Abschlussarbeit stellt eine Prüfungsleistung dar. Neben der fachlichen Vertiefung an einem Beispiel dient sie auch dem Erwerb und der Vertiefung folgender Soft-Skills:

- Selbstlernfähigkeit,
- Teamfähigkeit (Zusammenarbeit mit den Betreuern),
- Anwendung von Methoden des Projektmanagements,
- Kommunikationsfähigkeit: technische Dokumentation und Präsentation, im Fall englischer Präsentation auch Übung von Sprachkenntnissen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Prüfungsleistung: Durchführung, Dokumentation und Präsentation der Arbeit. Die Bewertung erfolgt durch zwei Prüfer.

**Literatur**

Spezifisch für das gewählte Thema.

**Modulname****Microwave Theory and Techniques****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	englisch/deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Grundbegriffe der Vektoranalysis; aus dem Bachelor: Grundlagen der Hochfrequenztechnik.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Microwave Theory and Techniques	1	120	4

**Beschreibung**

Behandelt werden theoretische Grundlagen und Konzepte, die zum Entwurf und Analyse von Mikrowellen-Schaltungen benötigt werden.

Beginnend mit Maxwell's Gleichungen werden Beschreibungen von ebenen Wellen und Ausbreitungseffekten an Diskontinuitäten abgeleitet. Leitungsgleichungen und Wellenbeschreibungen auf TEM-Wellenleitungen werden als Wiederholung des Stoffs aus dem Bachelor nur kurz behandelt. Als Erweiterung der bisherigen theoretischen Grundlagen wird dann die Ausbreitung von TEM-Wellen und TE- und TM-Moden auf metallischen Leitungen abgeleitet sowie entsprechende Resonanz-Moden. Daneben werden auch Eigenschaften von Streifenleitungen (microstrip und coplanar) gezeigt. Dies führt zur Charakterisierung von Mikrowellen-Netzwerken unter Benutzung der Streuparameter und Analyse der Eigenschaften von verschiedenen Klassen von N-Toren.

**Ziele**

Die Studierenden sind in der Lage, elektromagnetische Wellen im freien Raum und auf Leitungen zu berechnen und Welleneigenschaften von Mikrowellenschaltungen zu beschreiben und in Systemzusammenhängen zu berücksichtigen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

**Literatur**

- David M. Pozar: Microwave and RF wireless systems. John Wiley and Sons, 2001, chapters 3,4.
- David M. Pozar: Microwave Engineering. John Wiley and Sons, 2<sup>nd</sup> edition 1998, chapters 1,2,3,4.
- Werner Bächtold: Mikrowellentechnik. Vieweg, 1999.
- Werner Bächtold: Mikrowellenelektronik. Vieweg, 2002.
- Edgar Voges: Hochfrequenztechnik, Bauelemente, Schaltungen, Anwendungen. Hüthig-Verlag, 3.Auflage 2004. ,

**Beschreibung (englisch)**

The course covers advanced theories and concepts needed for the analysis and design of microwave circuits.

We start with Maxwell's equations to derive descriptions of plane waves and propagation effects at

discontinuities. Next we repeat and extend transmission line theory taught at undergraduate level(MRFT). Extending basic theory, we then derive transmission line TEM-modes and metal waveguide TE- and TM-modes as well as resonator modes. Characteristics of printed circuit microstrip line and coplanar waveguide are also presented. This leads to the characterization of microwave networks using scattering parameters and the analysis of several classes of n-port circuits.

### **Ziele (englisch)**

Students can calculate electromagnetic wave propagation in free space and in transmission lines. They are able to describe wave propagation properties of microwave networks and consider these under system aspects.



**Modulname****Modellbildung und Regelung Fernpraktikum****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding; Dr.-Ing. Birgit Köppen-Seliger

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernpraktikum	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Grundlagen der Systemtheorie, der Regelungstechnik und der Modellbildung (z.B. Lehrveranstaltung „Modelling and Simulation of Dynamic Systems“).

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Modellbildung und Regelung Fernpraktikum	2	90	3

**Beschreibung**

Die Versuche dienen zur Vertiefung des Verständnisses der Vorlesungen " Modelling and Simulation of Dynamic Systems" und „Zustandsregelung“. Mit Hilfe der Software MATLAB/SIMULINK sollen die Studierenden an den folgenden Themen und Beispielen arbeiten:

- Numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen und ihre Eigenschaften,
- theoretische Modellbildung und nachträgliche Anpassung (Optimierung) der Parameter an Messungen,
- experimentelle Modellbildung mittels der System Identification Toolbox von MATLAB,
- Analyse regelungstechnischer Systeme und Reglerentwurf,
- Reglerimplementierung und Test in der Simulation.

**Ziele**

Die Studierenden sollen numerische Lösungsverfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen in ihren Eigenschaften beurteilen und für einen gegebenen Anwendungsfall auswählen können. Sie sollen verschiedene Verfahren zur experimentellen Systemidentifikation anwenden können. Die Studierenden sollen in der Lage sein, verschiedene regelungstechnische Systeme zu modellieren und zu analysieren und ferner geeignete Regler zu entwerfen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung: Durchführung von Versuchen (Simulationen) auf einem PC und Rückmeldung von Ergebnissen und Auswertungen.

**Literatur**

Versuchsanleitungen.

**Modulname**

# **Modelling and Simulation of Dynamic Systems**

**Modulverantwortlicher**

Dr.-Ing. Birgit Köppen-Seliger

**Lehrende**

Dr.-Ing. Birgit Köppen-Seliger

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	englisch/deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

aus Bachelor: physikalische und systemtheoretische Grundlagen.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Modelling and Simulation of Dynamic Systems	2	120	4

**Beschreibung**

Nach einer Einführung in Ziele und Bedeutung von Modellbildung und Simulation werden zunächst numerische Verfahren zur Lösung von gewöhnlichen Differentialgleichungen (diverse implizite und explizite Ein- und Mehrschrittverfahren, andere Verfahren) und deren Eigenschaften (numerische Stabilität, lokale und globale Fehler, Eignung für steife DGLs, bei Sprüngen und für Schrittweitensteuerung) behandelt.

Das Kapitel über experimentelle Modellbildung befasst sich zunächst mit Vorgehensweise und Wahl der Testsignale. Es folgen Verfahren zur Gewinnung nichtparametrischer Modelle. Die direkte Parameterbestimmung aus Sprungantworten beschränkt sich auf einfache lineare dynamische Systeme. Für allgemeine Parameterschätzverfahren (wie sie in der "System Identification Toolbox" von MATLAB implementiert sind) werden die zugrunde liegenden Modelle dargestellt. An einem Verfahren wird die Rückführung auf ein Least-Squares-Problem gezeigt und bezüglich weiterer Details auf die Vorlesung "State and Parameter Estimation" verwiesen. Weitere Methoden werden nur als Ausblick angedeutet.

Physikalische Grundlagen aus Mechanik, Thermodynamik und Strömungslehre werden in kurzer Form zusammengefasst. Die Anwendung erfolgt zur theoretischen Modellbildung (zur Gewinnung "rigoroser Modelle") für zahlreiche Beispiele, so z.B.: Antrieb mit Gleichstrommotor, Pumpe und Kompressor, Ventil, Wärmetauscher, beheizter Behälter (Flüssigkeit, Gas, kochende Flüssigkeit und Dampf), Rührkesselreaktor mit chemischer Reaktion.

**Ziele**

Die Studierenden sollen numerische Lösungsverfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen in ihren Eigenschaften beurteilen und für einen gegebenen Anwendungsfall auswählen können. Sie sollen verschiedene Verfahren zur experimentellen Systemidentifikation anwenden können. Sie sollen auch in der Lage sein, für einige einfache in der Verfahrenstechnik wichtige physikalische Systeme rigorose (theoretische) Modelle aufzustellen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

**Literatur**

- Maier, Uwe: Vorlesungsskript "Modelling and Simulation of Dynamic Systems" (steht zum Download zur Verfügung).
- Thomas, Philip: Simulation of Industrial Processes for Control Engineers. Butterworth Heinemann, 1999.
- Weitere umfangreiche Literaturliste zu den einzelnen Kapiteln in den Vorlesungsunterlagen.

### **Beschreibung (englisch)**

After an introduction into goals and significance of modelling and simulation, numerical methods for solving ordinary differential equations (various implicit and explicit single step and multi-step methods, other methods) and their properties (numeric stability, local and global errors, suitability for stiff differential equations, for step inputs and for step width control) are considered. For the solution of partial differential equations, there is only a hint by an example with space and time discretization.

The chapter "experimental modelling" at first discusses principles and choice of test signals, followed by methods for gaining nonparametric models. For general parameter estimation methods, as they are contained in the MATLAB system identification toolbox, the basic models are presented. For one method, the reduction to a least-squares problem is shown; for further details the lecture refers to another lecture ("state and parameter estimation"). Other methods are only mentioned as outlook.

A short overview over physical fundamentals from mechanics, thermodynamics and fluid dynamics is given. These fundamentals are applied for theoretical modelling (gaining rigorous models) for numerous examples, e.g.: DC drive, pump and compressor, valve, heat exchanger, heated vessel (liquid, gas, boiling liquid and vapour), stirring vessel reactor with chemical reaction.

### **Ziele (englisch)**

The students should be able to apply numerical methods for the solution of ordinary differential equations and to evaluate their properties and suitability for a given application case. They are expected to apply various methods for experimental system identification. Also, they should be able to formulate rigorous (theoretical) models for some simple systems, which are important in process industry.

**Modulname**

# **Moderne Funkssysteme**

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kaiser

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kaiser

**Studienjahr**

2

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen****Nr. Veranstaltung**

1 Moderne Funkssysteme

**Semester**

3 oder 4

**Arbeitsaufwand in h**

150

**Credits**

5

**Beschreibung**

Die Lehrveranstaltung führt in vier verschiedene Funkssysteme ein und gibt jeweils einen Ausblick in die Zukunft. Zum einen werden der moderne Mobilfunkstandard "Long Term Evolution" (LTE) und die modernen lokalen Drahtlosnetze (Wireless Local Networks, WLAN) erläutert, zum anderen werden ultrabreitbandige Funkssysteme für extrem hohe Datenraten, kognitive Funkssysteme zum optimalen Spektrumsmanagement und energieautarke RFID-Funkssysteme (Radio Frequency Identification) zur Identifikation und auch zur Ortung von Funkgeräten behandelt. Zudem werden Mehrantennensysteme (Multiple Input Multiple Output, MIMO) zur prinzipiellen Steigerung der Leistungsfähigkeit von Funkssystemen eingeführt und ihre systemtheoretischen Grundlagen dargelegt.

Der Fokus der Veranstaltung liegt nicht nur auf der Theorie, sondern auch auf praxisrelevanten Anwendungen.

**Ziele**

Die Studierenden verstehen im Detail, unter Verwendung einer stringenten mathematischen Darstellung, verschiedene moderne Funkssysteme zur hochratigen Datenübertragung, zur Ortung und auch zur energieautarken Identifikation. Sie können solche Systeme analysieren, modellieren, simulieren und entwerfen und in verschiedenen wissenschaftlich-technischen Gebieten anwenden.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

**Literatur**

- „Signal- und Systemtheorie“, Norbert Fliege, Martin Bossert, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 2., korr. Aufl. 2009 (9. Oktober 2008), ISBN-10: 3835102494
- „Analoge Signalverarbeitung: Systemtheorie, Elektronik, Filter, Oszillatoren, Simulationstechnik: Lehr- und Übungsbuch“, (Lutz von Wangenheim, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 2010 (11. Februar 2010), ISBN-10: 3834807648
- „Signalverarbeitung: Analoge und Digitale Signale, Systeme und Filter“, Martin Meyer, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 6., korr. u. verb. Aufl. 2011 (18. April 2011), ISBN-10: 3834808970
- „Digitale Signalverarbeitung: Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB“, Kammeyer, Kroschel, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 8., korr. Aufl. 2012 (3. Februar 2012) ISBN-10: 3834816442
- „Digitale Signalverarbeitung mit MATLAB“, Martin Werner, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 5., durchges. u. akt. Aufl. 2012 (10. Oktober 2011), ISBN-10: 3834814733
- „Grundlagen der digitalen Signalverarbeitung: Ein mathematischer Zugang“, Andreas Wendemuth, Springer; Auflage: 2005 (15. September 2004), ISBN-10: 3540218858

- Systemtheorie ohne Ballast, Peter Vogel, Springer; Auflage: 2011 (24. März 2011), ISBN-10: 364216045X
- „Digitale Signalverarbeitung 1: Analyse diskreter Signale und Systeme“, H. Schüßler Springer; Auflage: 5. Aufl. 2008 (28. März 2008), ISBN-10: 3540782508
- „Digitale Signalverarbeitung mit MATLAB®-Praktikum: Zustandsraumdarstellung, Lattice-Strukturen, Prädiktion und adaptive Filter“, Martin Werner, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 2008 (Oktober 2007) , ISBN-10: 3834803936
- „Zeitdiskrete Signalverarbeitung“, A. Oppenheim, R. Schafer, Pearson Studium, ISBN: 978-3-8273-7077-8

**Modulname**

# **Nonlinear Control Systems**

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
2	Fernstudium-Kurs	englisch/deutsch	-

## **Empfohlene Voraussetzungen**

Grundlagen der Systemtheorie und Regelungstechnik, einschließlich Zustandsregelung (z.B. Lehrveranstaltung „Zustandsregelung“).

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Nonlinear Control Systems	3	120	4

## **Beschreibung**

Ziel der Lehrveranstaltung ist es, Grundkenntnisse der nichtlinearen Regelungstheorie zu vermitteln und neue Ansätze zur Analyse und zum Entwurf nichtlinearer Systeme vorzustellen.

Inhalt: Einführung, Analyse in der Phasenebene, Stabilitätstheorie, Linearisierung durch Rückkopplungs, adaptive Regelung, Sliding-Mode-Regelung, Entwurf von Beobachtern für nichtlineare Systeme.

### **Ziele**

Die Studierenden können nichtlineare regelungstechnische Systeme modellieren, deren Dynamik und Stabilität analysieren und geeignete Regler entwerfen.

### **Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 bis 120 min).

### **Literatur**

- A. Isidori: Nonlinear Control Systems. Springer-Verlag.
- K.S. Narendra and A.M. Annaswamy: Stable Adaptive Control. Prentice-Hall International Inc., 1989.
- Ch. Edwards, S. Spurgeon: Sliding Mode Control. Taylor Francis Ltd, 1998.

## **Beschreibung (englisch)**

During the last two decades, development of advanced nonlinear control system theory has received much attention. This course is devoted to the essentials of the nonlinear system analysis and to the introduction of some advanced methods of analyzing and designing nonlinear control systems developed in recent years.

First, different methods and tools for the description of nonlinear systems are introduced. Stability study with emphasis on the Lyapunov's method builds the basis for the further study. It is followed by the presentation of advanced stability theory and introduction of different methods of nonlinear controller design including the feedback linearisation method, sliding control and adaptive control schemes.

### **Ziele (englisch)**

The students will be able to model nonlinear control systems, to analyze the system dynamic behaviour, in particular the stability using different methods, and to design nonlinear control systems.

<b>Modulname</b>
<b>OFDM Transmission Techniques</b>
<b>Modulverantwortlicher</b>
Dr.-Ing. Lars Häring
<b>Lehrende</b>
Dr.-Ing. Lars Häring

<b>Studienjahr</b>	<b>Lehrveranstaltungs-Art</b>	<b>Sprache</b>	<b>Voraussetzung laut PO</b>
2	Fernstudium-Kurs	englisch/deutsch	-

<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>
Grundlagen der Systemtheorie, Nachrichtentechnik und der statistischen Signale

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	OFDM Transmission Techniques	3	120	4

<b>Beschreibung</b>
In frequenzselektiven Übertragungsszenarien werden häufig Mehrträger-Übertragungsverfahren wie die Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)-Technik zur Reduktion der Empfängerkomplexität eingesetzt.
Nach einem kurzen Überblick über die Eigenschaften von Mobilfunkkanälen werden das Konzept der Mehrträgerübertragung und der Spezialfall OFDM behandelt. Aufgrund der hohen Sensitivität von OFDM-Signalen gegenüber Synchronisationsfehlern werden deren Auswirkungen auf das Nutzsignal aufgezeigt und entsprechende Schätz- und Kompensationsalgorithmen vorgestellt. Darüber hinaus wird eine vollständige Basisband-Empfängerstruktur, angefangen von der Synchronisation bis hin zur Signaldetektion, behandelt. Die weiteren Kapitel befassen sich mit erweiterten OFDM-Techniken zur Verbesserung der Übertragungsqualität, der Erweiterung auf Mehrantennensysteme (MIMO) und Mehrnutzer-Systemen. Anhand eines Fallbeispiels werden die vorgestellten Prinzipien und Verfahren veranschaulicht.
<b>Ziele</b>
Die Studierenden können drahtlose Kommunikationssysteme, basierend auf dem Mehrträger-Übertragungstechnik Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), analysieren und auch eigenständig entwerfen. Darüber hinaus sind sie in der Lage, die erlernten Signalverarbeitungstechniken auf Mehrantennensysteme (MIMO) zu erweitern.
<b>Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote</b>
Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (mündliche Prüfung 30 bis 60 min oder schriftliche Klausur 60 bis 120 min).
<b>Literatur</b>
- R. van Nee, R. Prasad: OFDM for Wireless Multimedia Communications. - A. Paulraj et al: Introduction to Space-Time Wireless Communications.

<b>Beschreibung (englisch)</b>
In frequency-selective transmission scenarios, multicarrier transmission schemes like Orthogonal Frequency Division Duplex (OFDM) are frequently used to reduce the receiver complexity.
After a brief survey of the properties of mobile radio channels, the concept of multicarrier transmission and the special case OFDM are introduced. Due to the high sensitivity of OFDM signals against synchronization mismatches, the impact on the useful signal as well as suitable estimation and compensation algorithms are presented. Moreover, we explain a complete baseband receiver chain, starting from synchronization up to signal detection. The following chapters include advanced OFDM techniques to improve the link quality, an extension to multiple-input multiple-output (MIMO) systems and multiuser systems. Finally, the presented

concepts and schemes are illustrated on the basis of a case study.

**Ziele (englisch)**

The students are able to analyze and to develop wireless communication systems, which are based on the multicarrier transmission scheme orthogonal frequency division multiplexing (OFDM). Moreover, the students are able to extend the signal processing techniques to multiple-input multiple-output systems.



<b>Modulname</b>
<b>Optische Netze</b>
<b>Modulverantwortlicher</b>
PD Dr.-Ing. Andreas Stöhr
<b>Lehrende</b>
PD Dr.-Ing. Andreas Stöhr

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Optische Netze	1	120	4

<b>Beschreibung</b>
Einleitend wird die elektromagnetische Wellentheorie und deren Anwendung auf die Ausbreitung von Licht in faseroptischen Wellenleitern behandelt. Hierzu zählt auch die Entstehung von LP-Moden und deren Ausbreitungseigenschaften. Die wichtigsten Komponenten für die optische Nachrichtentechnik wie Laserdioden, Modulatoren, Verstärker und Fotodetektoren werden diskutiert und die Zusammenschaltung dieser zu optischen Links wird analysiert. Verschiedene Strukturen photonischer Kommunikationsnetze werden behandelt und im Weiteren deren Einsatz in Weitverkehrs-, Metro-, Zugangs- und Gebäudenetzen diskutiert. Neben den einfachen optischen Modulationsverfahren wie On-Off-Keying (OOK) werden auch komplexere Verfahren (PSK, QPSK, 64QAM) und deren Umsetzung innerhalb der optischen Domäne besprochen. Der Einsatz komplexer Modulationsverfahren z.B. in hochbitratigen Radio-over-Fiber-Systemen in Verbindung mit einem hochfrequenten Funkkanal (millimeter-wave multi-gigabit point-to-point link) wird behandelt. Den Abschluss bilden wichtige Übertragungsstandards in der optischen Kommunikationstechnik.
<b>Ziele</b>
Die Studierenden können die Ausbreitung von Licht in Glasfasern und die dabei auftretenden Effekte wie Absorption und Dispersion analysieren und optische Faserstrecken mit Blick auf die Reduktion dieser störenden Eigenschaften optimieren (Multimode-/Singlemode-Faser, Dispersionskompensation, 3R amplification). Sie sind fähig, optische Punkt-zu-Punkt-Verbindungen mit Hilfe geeigneter Bauelemente und Fasern zu entwerfen, wobei die unterschiedlichen Anforderungen an optische Netze (für den lokalen Bereich LAN, den Metrobereich MAN und für den Weitverkehrsbereich WAN) Berücksichtigung finden. Sie verstehen verschiedene Multiplexverfahren (TDM, WDM) sowie optische Modulationsverfahren und können einfache faseroptische Netzstrukturen (z.B. passive optical network, PON) unter Beachtung wichtiger Standards entwerfen.
<b>Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote</b>
Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hultzsich, Hagen (Ed.): Optische Telekommunikationssysteme. Damm-Verlag, Gelsenkirchen, 1996.</li> <li>- Kauffels, Franz-Joachim: Optische Netze. MITP-Verlag, 2001.</li> <li>- Mukherjee, Biswanath: Optical WDM Networks. Springer-Verlag, 2006.</li> <li>- Seimetz, Matthias: High-Order Modulation for Optical Fiber Transmission. Springer-Verlag, 2009.</li> <li>- Bundschuh, B.; Himmel, J.: Optische Informationsübertragung. Oldenburg-Verlag, 2003.</li> </ul>

**Modulname**

# **Power System Operation and Control**

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. habil. Istvan Erlich

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. habil. Istvan Erlich

**Studienjahr**

1

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

englisch/deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Aus Bachelor: Grundlagen der Energieversorgungssysteme, Grundlagen der Regelungstechnik.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Power System Operation and Control	2	120	4

**Beschreibung**

Das Elektrische Energieversorgungsnetz ist ein großes dynamisches System. Ein Ziel der Lehrveranstaltung ist, verschiedene dynamische Vorgänge, die durch Kurzschlüsse, Blitzeinschläge, Schaltheftungen hervorgerufen werden, vorzustellen und zu diskutieren. Die Algorithmen für eine computerbasierte Simulation werden kurz beschrieben und die bekanntesten Softwarewerkzeuge vorgestellt. Weiterhin werden Methoden zur Regelung der Frequenz und Spannung erläutert. Ein Überblick wird gegeben ebenfalls über die Netzleittechnik, soweit diese für die Regelung, Steuerung und Überwachung des Netzes aus der Sicht der Netzdynamik relevant ist.

**Ziele**

Die Studierenden verstehen die Betriebsweise elektrischer Netze und wissen, wie Spannung, Leistung und Frequenz geregelt werden und welche Betriebsmittel als Stellglieder hierfür zur Verfügung stehen. Sie verstehen, welche transienten und dynamischen Phänomene infolge von Störungen im Netz auftreten und welche Auswirkungen sie haben können. Dadurch sind die Studierenden fähig, das Netz und einzelne Betriebsmittel korrekt auszulegen bzw. zu dimensionieren. Sie können mit den erworbenen Fähigkeiten bei der Planung elektrischer Netze und bei der Störungsaufklärung eingesetzt werden.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

**Literatur**

- P. Kundur: Power System Stability and Control. EPRI, McGraw-Hill, 1994.
- D. Oeding, B.R. Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze. Springer Verlag, Berlin, 2004.

**Beschreibung (englisch)**

Power system is a large-scale dynamic system. One of the objectives of the lecture is to discuss main issues of power system dynamics caused by disturbances like short circuits, lightning strokes and switching actions. The algorithms for computer-based time and frequency domain simulation techniques will be described shortly and some of the most popular software packages introduced. Furthermore, methods for power system control to maintain voltage and frequency standards will be discussed. An overview will also be given about the structure of the energy management systems.

**Ziele (englisch)**

Students know how power systems are operating, how voltage, power and frequency are controlled and which means are available for these controls. They know the most important phenomena caused by different disturbances in power systems as well as the consequences they may cause.

**Modulname**

# Prozessautomatisierung F

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

**Lehrende**

Dipl.-Ing. Eberhard Goldschmidt; M.Sc. Chris Louen

**Studienjahr**

1

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Aus Bachelor: Boolesche Algebra, Grundlagen der Regelungstechnik.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Prozessautomatisierung F	1	150	5

**Beschreibung**

Idee dieser Lehrveranstaltung ist ein Überblick über praxisrelevante Methoden, Gerätetechnik (Hard- und Software) und Vorgehensweisen für die Entwicklung von Automatisierungsgeräten bis hin zur Projektabwicklung der Prozessleittechnik für komplette Produktionsanlagen.

**Inhalt:**

- Arten von Prozessen (kontinuierliche, Chargenprozesse / Rezeptfahrweisen, Stückprozesse),
- Petrinetze (zur Beschreibung ereignisdiskreter Systeme, bis hin zu Analysemethoden),
- Beschreibungsmethoden (RI-Fließbilder, Funktionspläne FBD und SFC),
- Grundlagen von Hardware und Software (Prozess-I/O, Interrupts, Echtzeit-Systeme),
- Rechnerkommunikation in der Automatisierungstechnik (u.a. Feldbussysteme),
- Realisierung von Automatisierungsfunktionen und Automatisierungssystemen (SPS, PLS),
- Feldgerätetechnik (Explosionsschutz, Signalübertragung im Feld, Integration intelligenter Feldgeräte, Stellgerätetechnik (Ventile), Einführung in die Prozessmesstechnik,
- Engineering der Prozessleittechnik im Anlagenbau,
- Zuverlässigkeit und Sicherheit.

**Ziele**

Die Studierenden sollen Automatisierungsfunktionen beschreiben, analysieren, planen und mit Rechnersystemen, einschließlich PLS und SPS, realisieren können. Es sollen die Grundlagen zur kritischen Bewertung geeigneter Vorgehensweisen, Methoden und Tools gelegt werden. Eine eigenständige kritische Bewertung wird allerdings erst später in Verbindung mit einer entsprechenden Praxiserfahrung möglich sein.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

**Literatur**

- Maier, Uwe: Vorlesungsskript "Prozessautomatisierung";
- Früh, K.F.; Maier, Uwe; Schaudel, Dieter (Hrsg.): Handbuch der Prozessautomatisierung. Oldenbourg-Industrieverlag, 4. Auflage, 2009.

Anmerkung: Es gibt keine Literatur in dieser Themen-Zusammenstellung. Für jedes Thema werden Teile andere Bücher in den Vorlesungsunterlagen empfohlen.

**Modulname**

# Radio Wave Propagation and Antennas

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1 (Vertiefung DKS), 2 (Vertiefung HFS)	Fernstudium-Kurs	englisch/deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Radio Wave Propagation and Antennas	2 bzw. 4	120	4

**Beschreibung**

In der Lehrveranstaltung werden die Grundlagen für mobile Kommunikationssysteme erarbeitet. Schwerpunkte bilden die Themenbereiche Wellenausbreitung, lineare zeitvariante Systeme und digitale Modulation. Das erste Kapitel gibt eine Einführung in die mobile Kommunikation: Beginnend mit einem historischen Rückblick werden anschließend zellulare drahtlose Systeme und Mehrfachzugriffsverfahren eingehend erläutert. In Kapitel 2 werden physikalische Effekte der Wellenausbreitung behandelt. Anschließend werden wesentliche Eigenschaften eines Mobilfunkkanals mit Mehrwege-Ausbreitung behandelt. Hierbei wird der Mobilfunkkanal als stochastisches zeitvariantes lineares System beschrieben. Schließlich werden im Mobilfunk eingesetzte Übertragungsverfahren besprochen. Die Lehrinhalte werden in Übungen vertieft.

**Ziele**

Die Studierenden verstehen die physikalischen Effekte der Wellenausbreitung und sind in der Lage, einen Mobilfunkkanal mit Hilfe eines stochastischen Ansatzes zu beschreiben.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 min).

**Literatur**

Vorlesungsskript.

**Beschreibung (englisch)**

The lecture covers the fundamentals of mobile communication systems with special emphasis on wave propagation, linear time-variant systems and digital modulation. Chapter 1 introduces into mobile communication with a historical review, the concept of wireless cellular systems, as well as multiple access schemes. Chapter 2 focuses on physical effects of wave propagation. Next, the main properties of a mobile radio channel with multipath propagation are considered. The mobile radio channel is described as a stochastic linear time-variant system. Finally, transmission methods in the field of mobile radio communications are discussed. The contents will be deepened in exercises.

**Ziele (englisch)**

Attendees understand the physical effects of wave propagation and are able to describe a mobile radio channel using a stochastic approach.

**Modulname****Sicherheit in Kommunikationsnetzen****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Torben Weis

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Torben Weis

**Studienjahr**

2

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen****Nr.****Veranstaltung****Semester****Arbeitsaufwand in h****Credits**

1

Sicherheit in Kommunikationsnetzen

4

120

4

**Beschreibung**

Mit dem zunehmenden Informationsverbund, u.a. bei intelligenten Energienetzen oder in der Automatisierungstechnik, bekommen Fragen der IT-Sicherheit (d.h. der Schutz vor absichtlichen oder unabsichtlichen Handlungen, die den Betrieb beeinträchtigen) zunehmende Bedeutung.

Der Kurs behandelt grundlegende Technologien, Protokolle, Architekturen, Subsysteme für die Sicherheit in Kommunikationsnetzen. Inhalte im Einzelnen:

- Grundlagen der Kryptographie
- Symmetrische und asymmetrische Verfahren
- Hashfunktionen
- Digitale Signaturen
- Authentifikations- und Schlüsselaustauschprotokolle
- Zero-Knowledge Proofs
- Sicherheitsmanagement Schlüsselverwaltung
- Zugangs- und Zugriffskontrollen
- Sicherheitsarchitekturen, Kerberos etc.
- Softwareanomalien und Manipulationen Schutzmaßnahmen
- Sicherheit in offenen Systemen, LAN und WAN, Internet IPsec

**Ziele**

Die Studierenden lernen die verschiedenen Facetten des Begriffs Sicherheit kennen. Ausgehend von Verfahren zur Generierung von Schlüsseln und Signaturen beherrschen sie den Ablauf von Kommunikationsprotokollen und sind mit den Begriffsbildungen zum Zero Knowledge Proof vertraut. Sie können die erlernten Begriffe in umfangreichen Sicherheitsarchitekturen identifizieren und können entsprechende Architekturen entwerfen. Sie beherrschen grundlegende Sicherheitsaspekte beim Zugang zu Rechenanlagen und sind mit wichtigen Softwareanomalien und notwendigen Schutzmaßnahmen vertraut. Schließlich können sie Erweiterungen von Netzwerkprotokollen um Sicherheits- und Vertraulichkeitseigenschaften analysieren und anwenden.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (mündliche Prüfung, 30 bis 60 min).

**Literatur**

- Bruce Schneier: Angewandte Kryptographie. Pearson Studium, 2005, ISBN: 978-3-8273-7228-4.
- G. Schäfer: Netzsicherheit. dpunkt.verlag, 2003, ISBN 978-3-8986-4212-5.
- G. Schäfer: Security in Fixed and Wireless Networks. Wiley, 2003, ISBN 978-0-4708-6372-5

- Klaus Schmeih: Kryptografie. dpunkt.verlag 2009, ISBN: 978-3-89864-602-4
- William Stallings: Cryptography and Network Security, Principles and Practice. Prentice Hall, 5th edition 2010, ISBN 978-0-1360-9704-4.
- Lehrsoftware Cryptool 2.0 (<http://cryptool2.vs.uni-due.de/>).
- Aktuelle Internetliteratur.

**Modulname****Signalverarbeitung 1****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kaiser

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kaiser

**Studienjahr**

1

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Mathematische Grundlagen entsprechend Mathematik F und F-DKS), teilweise "Theorie statistischer Signale".

**Nr.****Veranstaltung****Semester****Arbeitsaufwand in h****Credits**

1

Signalverarbeitung 1

1

150

5

**Beschreibung**

Die Lehrveranstaltung führt in die analoge Signalverarbeitung und analoge Systemtheorie ein und behandelt ausführlich die Abtastung analoger, auch verrauschter, Signale. Der Fokus liegt nicht nur auf der Theorie, sondern auch auf der praxisnahen Anwendung. Als anwendungsnahe Beispiele werden Antennen, analoge Modulationsschaltungen und analoge RFID-Schaltungen (Radio Frequency Identification) mit den Mitteln der Signalverarbeitung modelliert und beschrieben.

**Ziele**

Die Studierenden sollen die analoge Signalverarbeitung, inklusive der Abtastung analoger Signale, in einer stringenten mathematischen Darstellung detailliert verstehen und insbesondere auch in verschiedenen wissenschaftlich-technischen Gebieten anwenden können.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

**Literatur**

- „Signal- und Systemtheorie“, Norbert Fliege, Martin Bossert, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 2., korr. Aufl. 2009 (9. Oktober 2008), ISBN-10: 3835102494
- „Analoge Signalverarbeitung: Systemtheorie, Elektronik, Filter, Oszillatoren, Simulationstechnik: Lehr- und Übungsbuch“, Lutz von Wangenheim, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 2010 (11. Februar 2010), ISBN-10: 3834807648
- „Signalverarbeitung: Analoge und Digitale Signale, Systeme und Filter“, Martin Meyer, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 6., korr. u. verb. Aufl. 2011 (18. April 2011), ISBN-10: 3834808970
- Systemtheorie ohne Ballast, Peter Vogel, Springer; Auflage: 2011 (24. März 2011), ISBN-10: 364216045X

**Modulname****Signalverarbeitung 2****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kaiser

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Thomas Kaiser

**Studienjahr**

2

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Mathematische Grundlagen (entsprechend Mathematik F und F-DKS),  
Veranstaltungen "Signalverarbeitung 1" und "Radio Wave Propagation and Antennas".

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Signalverarbeitung 2	3	150	5

**Beschreibung**

Die Lehrveranstaltung führt in die digitale Signalverarbeitung und zeitdiskrete Systemtheorie ein und behandelt insbesondere adaptive Filter zur Beschreibung zeitvarianter Systeme. Der Fokus liegt nicht nur auf der Theorie, sondern auch auf praxisrelevanten Anwendungen. Als anwendungsnahe Beispiele werden die Sensorgruppen-Signalverarbeitung und die Mehrwegeausbreitung von Funkwellen mitsamt entsprechenden Entzerrungsverfahren diskutiert und beschrieben.

**Ziele**

Die Studierenden sollen die digitale Signalverarbeitung, inklusive zeitvariante Systeme, in einer stringenten mathematischen Darstellung detailliert verstehen und insbesondere auch in verschiedenen wissenschaftlich-technischen Gebieten anwenden können.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

**Literatur**

- Norbert Fliege, Martin Bossert: Signal- und Systemtheorie. Vieweg+Teubner Verlag, 2. Auflage 2009, ISBN-10: 3835102494.
- Kammeyer, Kroschel: Digitale Signalverarbeitung: Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB. Vieweg+Teubner Verlag; korr. Aufl. 2012, ISBN-10: 3834816442.
- Martin Werner: Digitale Signalverarbeitung mit MATLAB. Vieweg+Teubner Verlag; 5. Auflage 2012, ISBN-10: 3834814733.
- Andreas Wendemuth, Edin Andelic: Grundlagen der digitalen Signalverarbeitung: Ein mathematischer Zugang. Springer; 2005, ISBN-10: 3540218858.
- H. Schüßler: Digitale Signalverarbeitung 1: Analyse diskreter Signale und Systeme. Springer; 5. Aufl. 2008, ISBN-10: 3540782508.
- Martin Werner: Digitale Signalverarbeitung mit MATLAB - Praktikum: Zustandsraumdarstellung, Lattice-Strukturen, Prädiktion und adaptive Filter. Vieweg+Teubner Verlag; 2008, ISBN-10: 3834803936.
- A. Oppenheim, R. Schaffer: Zeitdiskrete Signalverarbeitung. Pearson Studium, ISBN: 978-3-8273-7077-8.



**Modulname****State and Parameter Estimation****Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

**Studienjahr**

2

**Lehrveranstaltungs-Art**

Fernstudium-Kurs

**Sprache**

englisch/deutsch

**Voraussetzung laut PO**

-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Inhaltliche Voraussetzungen: Fourier-Transformation, Zufallsvariablen, Grundlagen der linearen Systemtheorie und zeitdiskreter Systeme. Besonders nützlich ist der Inhalt der Vorlesung „Theorie Statistische Signale“.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	State and Parameter Estimation	3	120	4

**Beschreibung**

Nach einer kurzen Zusammenfassung über skalare und vektorielle Zufallsvariablen wird die Beschreibung skalarer und vektorieller stochastischer Prozesse durch Verteilungs- und Verteilungsdichtefunktionen und Erwartungswerte wie Korrelations- und Kovarianzfunktionen/-matrizen behandelt. Für stationäre Prozesse werden Ergodizität, zeitliche Mittelwerte, spektrale Leistungsdichtematrix und Korrelationsmatrix definiert. Als Regeln für Matrizen werden behandelt: Ableitung nach Vektoren und Matrizen, Pseudoinverse für die Lösung bzw. Least-Squares-Schätzung konsistenter bzw. inkonsistenter linearer Gleichungen, Matrix-Inversions-Lemma.

Das Kapitel über Schätztheorie befasst sich mit den Methoden Bayessche Schätzung (einschließlich Minimum-Varianz, Maximum A Posteriori), Maximum Likelihood und Least-Squares.

Basierend auf den vorhergehenden Grundlagen werden die Gleichungen des zeitdiskreten optimalen Filters (Kalman Filter) für lineare Systeme mit normalverteilten Störsignalen hergeleitet (bzw. optimales lineares Filter bei beliebiger Verteilung). Numerische Varianten des Algorithmus sowie Erweiterungen (korreliertes System- und Messrauschen, farbiges Rauschen, kontinuierliches Kalman-Bucy-Filter) werden dargestellt. Für lineare zeitinvariante Systeme werden die Beziehungen zwischen Kalman-Filter, Wiener-Filter und klassischen

Zustands-Beobachtern aufgezeigt.

Ein kurzer Ausblick befasst sich mit Prädiktion, Glättung und nichtlinearer Filterung. Es folgt die Schätzung der Parameter linearer Systeme zur Systemidentifikation.

Zum Schluss werden verschiedene Anwendungsbeispiele dargestellt.

**Ziele**

Die Studierenden sollen verschiedene Kenngrößen und Kennfunktionen auch vektorieller stochastischer Prozesse berechnen können. Für die optimale Schätzung von Zustandsgrößen und Parametern dynamischer Systeme sollen sie die Struktur entwerfen und die Gleichungen anwenden können.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

**Literatur**

- Maier, Uwe: Lecture Notes.

Weiterführende Literatur:

- Grewal, Mohinder S.; Andrews, A.P.: Kalman Filtering: Theory and Practice. Prentice Hall, 1993.

- Sage, Andrew P.; Melsa, James.: Estimation Theory with Applications to Communications and Control, McGraw-Hill, 1971.

- Anderson, Brian D.O.; Moore, John B.: Optimal Filtering. Prentice Hall, 1979.
- Schrick, Karl-Wilhelm [Hrsg.]: Anwendungen der Kalman-Filter-Technik - Anleitung und Beispiele. Oldenbourg, 1977.
- Loffeld, Otmar: Estimationstheorie II - Anwendungen - Kalman-Filter. Oldenbourg, 1990.
- Ljung, Lennart: System Identification. Theory for the User. Prentice Hall, 1999.

### **Beschreibung (englisch)**

After a short summary of scalar and vector random variables, the description of scalar and vector stochastic processes by probability distribution and density functions, expectations like correlation and covariance functions/matrices are considered. For stationary processes, further subjects are ergodicity, time averages, spectral density and correlation matrices.

The next chapter deals with some rules for matrices: Derivation to vectors and matrices, the pseudoinverse for solution or least-squares estimation of consistent or inconsistent linear equations, matrix inversion lemma.

A chapter on estimation theory deals with the methods of Bayes estimation (including minimum variance, maximum a posteriori), maximum likelihood, and least-squares.

Based on these fundamentals, the equations of the time-discrete optimal filter (Kalman filter) for linear systems with normally distributed disturbances are derived (resp. optimal linear filter for arbitrary distribution). Numerical variants of the algorithm, as well as extensions (correlated system and measurement noise, coloured noise, continuous Kalman Bucy filter) are presented. For linear time-invariant systems, the relations between Kalman filter, Wiener filter, and classic state observers are shown.

A short outlook deals with prediction, smoothing, and nonlinear filtering, followed by parameter estimation for linear system identification. Finally, various application examples are presented.

### **Ziele (englisch)**

The students are able to calculate various values and functions, to characterise stochastic scalar and vector processes. For optimal estimation of state variables and parameters of dynamic systems, they are able to design the structure and to apply the equations.

**Modulname**

# Theoretische Elektrotechnik 1

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. sc. techn. Daniel Erni

**Lehrende**

Prof. Dr. sc. techn. Daniel Erni

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Aus Bachelor: Grundlagen der Elektrotechnik, Differentialgleichungen, Grundbegriffe der Vektoranalysis.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Theoretische Elektrotechnik 1	1	180	6

**Beschreibung**

"Theoretische Elektrotechnik" (1 und 2) sind Veranstaltungen, welche das physikalische Verständnis von elektromagnetischen Feldern vertiefen sollen. Sie bilden zudem eine Schlüsselqualifikation für andere Bereiche der Elektrotechnik. In der Energietechnik sind es beispielsweise die Gebiete der Hochspannungstechnik, elektrische Maschinen und im Allgemeinen die der Energieversorgung. Die Vorlesung Theoretische Elektrotechnik stellt in ihrer Gesamtheit aber auch eine Erweiterung des Lehrinhaltes in Richtung der klassischen Elektrodynamik dar, welche wiederum eine Brückenfunktion erfüllt, z.B. für das Gebiet der Hochfrequenztechnik und viele andere.

Die Veranstaltung "Theoretische Elektrotechnik 1" umfasst die folgenden Themenstellungen:

**1. Elektrostatik:**

- Das elektrische Feld: Feldstärke und Flussdichte,
- Die Grundgleichungen der Elektrostatik (Satz von Gauss, Wirbelfreiheit),
- Das elektrostatische Potenzial,
- Kapazitätsberechnungen,
- Einfluss des Materials,
- Grenzbedingungen,
- Energie und Kräfte,
- Das elektrostatische Randwertproblem,
- Analytische, grafische, semi-analytische, direkte und iterative numerische Lösungsverfahren.

**2. Das stationäre elektrische Strömungsfeld:**

- Strom und Stromdichte,
- Die Grundgleichungen des stationären Strömungsfeldes (Kontinuitätsgleichung, Gesetz von Ohm),
- Grenzbedingungen,
- Leistungsdichte,
- Widerstandsberechnungen,
- Das Randwertproblem des stationären Strömungsfeldes,
- Dualität zur Elektrostatik.

Im Verlauf der Vorlesung werden auch die benötigten wichtigsten Elemente der Vektorrechnung, der Vektoranalysis, der Koordinatensysteme und der Tensorrechnung erarbeitet.

**Ziele**

Die Studierenden können

- Randwertprobleme aus der Elektrostatik selbstständig lösen,
- Randwertprobleme des stationären Strömungsfeldes selbstständig lösen,
- hierzu analytische oder numerische Berechnungsverfahren anwenden,
- das Verhalten der elektrischen Felder beim Entwurf zukünftiger Bauteile richtig einschätzen,

- stationäre Strömungsfelder in Leitern verstehen und deren Verhalten quantitativ bewerten,
- die Vektorrechnung und die Vektoranalysis im gegebenen Kontext formal korrekt einsetzen.

Insbesondere können die Studierenden auch

- entsprechende praktische Problemstellungen abstrahieren und modellieren,
- analytische und numerische Lösungsansätze auf solche Problemstellungen anwenden und entsprechende Simulationen verstehen und durchführen,
- die Anforderungen der elektromagnetischen Verträglichkeit berücksichtigen bei der Entwicklung von Systemen, z.B. bei der Entwicklung von integrierten Anlagenschaltungen bzw. von Hochspannungsanlagen.

#### **Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und  
benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

#### **Literatur**

- Pascal Leuchtman, Einführung in die elektromagnetische Feldtheorie. München: Pearson Studium, 2005.
- Ingo Wolff: Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 1: Elektrostatik. Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2005.
- Ingo Wolff: Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 2: Strömungsfelder, Magnetfelder, Wellenfelder. Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2007.
- David J. Griffiths: Introduction to Electrodynamics, (3rd. ed). San Francisco: Pearson, 2008.
- David J. Griffiths: Elektrodynamik - Eine Einführung, (3. Aufl.). München: Pearson Studium, 2011.
- Günther Lehner: Elektromagnetische Feldtheorie – für Ingenieure und Physiker. Berlin: Springer Verlag, 2006.
- Heino Henke: Elektromagnetische Felder – Theorie und Anwendungen, (3. Aufl.). Berlin: Springer Verlag, 2007.
- Julius Adams Stratton: Electromagnetic Theory, Hoboken: John Wiley & Sons / IEEE Press, 2007.
- Melvin Schwartz: Principles of Electrodynamics. New York: Dover Publications Inc., 1988.
- Gottlieb Strassacker: Rotation, Divergenz und Gradient - Leicht verständliche Einführung in die Elektromagnetische Feldtheorie. Wiesbaden: Teubner Verlag, 2006.

**Modulname**

# **Theoretische Elektrotechnik 2**

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr. sc. techn. Daniel Erni

**Lehrende**

Prof. Dr. sc. techn. Daniel Erni

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
2	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

- Vektoranalysis, - Differenzialgleichungen, - Stoffumfang der Veranstaltung "Grundlagen der Elektrotechnik 1,2,3" - Stoffumfang der Veranstaltung "Theoretische Elektrotechnik 1"

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1		3	180	6

**Beschreibung**

„Theoretische Elektrotechnik“ (1,2) sind Veranstaltungen, welche das physikalische Verständnis von elektromagnetischen Feldern vertiefen sollen. Sie bilden zudem eine Schlüsselqualifikation für andere Bereiche der Elektrotechnik. In der Energietechnik sind es beispielsweise die Gebiete der Hochspannungstechnik, elektrische Maschinen und im Allgemeinen die der Energieversorgung. Die Vorlesung Theoretische Elektrotechnik stellt in ihrer Gesamtheit aber auch eine Erweiterung des Lehrinhaltes in Richtung der klassischen Elektrodynamik dar, welche wiederum eine Brückenfunktion erfüllt, z.B. für das Gebiet der Hochfrequenztechnik und viele andere.

In der Veranstaltung "Theoretische Elektrotechnik 2" werden die folgenden Themenstellungen behandelt:

## (1) Magnetostatik:

- Das magnetische Feld: Feldstärke und Flussdichte
- Die Grundgleichungen der Magnetostatik (Biot-Savartsches Gesetz, Durchflutungsgesetz)
- Magnetische Potenziale
- Einfluss des Materials
- Grenzbedingungen
- Der magnetische Fluss

## (2) Quasistationäre Felder:

- Wirkung zeitveränderlicher Felder (Induktionsgesetz)
- Die Induktivität
- Energie und Kräfte
- Der Verschiebungsstrom
- Grundgleichungen elektromagnetischer Felder (Maxwell-Gleichungen)

## (3) Die elektromagnetische Felddiffusion:

- Zeitharmonische Felder
- Elektro-Quasistatik und Magneto-Quasistatik
- Die Diffusionsgleichung
- Skin-Effekt, Abschirmung, Stromverdrängung und Wirbelströme.

## (4) Schnellveränderliche Felder:

- Elektromagnetische Wellenfelder
- Energie und Impulserhaltung (Poyntingscher Satz, elektromagnetischer Spannungstensor)
- Elektromagnetische Strahlungsquellen
- Retardierte Potenziale
- Ebene Wellen
- Wellenleitermoden und Strahlungsmoden

-- Polarisation und Dispersion

### Ziele

Die Studierenden können

- elektromagnetische Felder in ihrer Integral- bzw. Differenzialform beschreiben,
  - magnetische Systeme durch magnetische Ladungen und magnetische Ströme modellieren,
  - eine elektromagnetische Abschirmung konzipieren,
  - Felder mit harmonischer Zeitabhängigkeit verstehen und anwenden,
  - Strahlungsfelder mathematisch physikalisch korrekt modellieren,
  - numerisch ermittelte Feldlösungen auf ihre Richtigkeit hin beurteilen,
  - Das raum-zeitliche Verhalten von Strahlungsfeldern in Bauelementen und Systemen richtig einschätzen und bei der Entwicklung entsprechender Systeme berücksichtigen,
  - unterschiedliche Wellenleiterstrukturen nach deren Zwecksetzung bewerten und entwerfen.
- Insgesamt erwerben die Studierenden damit Kompetenzen, die für Entwurf und Auslegung von Funkkanälen, für die Entwicklung von Hochfrequenzkomponenten und für die Planung und Auslegung von optischen Netzen und von Übertragungssystemen mit höchsten Datenraten erforderlich sind.

### Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 120 min).

### Literatur

- Pascal Leuchtman, Einführung in die elektromagnetische Feldtheorie, München: Pearson Studium, 2005.
- Ingo Wolff, Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 1: Elektrostatik, Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2005.
- Ingo Wolff, Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 2: Strömungsfelder, Magnetfelder, Wellenfelder, Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2007.
- David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, (3rd. ed), San Francisco: Pearson, 2008.
- David J. Griffiths, Elektrodynamik - Eine Einführung, (3. Aufl.), München: Pearson Studium, 2011.
- Günther Lehner, Elektromagnetische Feldtheorie – für Ingenieure und Physiker, Berlin: Springer Verlag, 2006.
- Heino Henke, Elektromagnetische Felder – Theorie und Anwendungen, (3. Aufl.), Berlin: Springer Verlag, 2007.
- Julius Adams Stratton, Electromagnetic Theory, Hoboken: John Wiley & Sons / IEEE Press, 2007.
- Melvin Schwartz, Principles of Electrodynamics, New York: Dover Publications Inc., 1988.
- Gottlieb Strassacker, Rotation, Divergenz und Gradient - Leicht verständliche Einführung in die Elektromagnetische Feldtheorie, Wiesbaden: Teubner Verlag, 2006.

**Modulname**

# Theorie statistischer Signale

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

keine; hilfreich sind Grundkenntnisse über Wahrscheinlichkeit und Zufallsvariablen.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Theorie statistischer Signale	1	150	5

**Beschreibung**

Nach einer Einführung in den Begriff der Wahrscheinlichkeit werden Zufallsvariablen ausführlich behandelt. Hierzu gehören die verschiedenen Beschreibungsmöglichkeiten durch Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion sowie charakteristische Funktion. Weiterhin werden die Eigenschaften von Funktionen von Zufallsvariablen besprochen.

Den Schwerpunkt der Vorlesung bilden Zufallsprozesse, die als eine Erweiterung von Zufallsvariablen um die Dimension der Zeit eingeführt werden. Insbesondere werden Momente zweiter Ordnung wie die Autokorrelationsfunktion, die Kreuzkorrelationsfunktion sowie die entsprechenden Leistungsdichtespektren behandelt. Es werden spezielle Zufallsprozesse mit großer praktischer Bedeutung wie Gauß-, Poisson- und Schrotrauschprozesse besprochen. Abschließend werden Anwendungen wie optimale Filter und Modulation diskutiert. In den Übungen werden die Inhalte der Veranstaltung vertieft.

**Ziele**

Sehr viele Vorgänge (aus der Physik, Technik, Wirtschaft, Biologie ...) lassen sich nicht einfach durch deterministische Zusammenhänge beschreiben, sondern benötigen statistische Ansätze. Hierzu sind Absolventen in der Lage, die Konzepte von Zufallsvariablen und Zufallsprozessen in praktischen Problemstellungen einzusetzen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 min).

**Literatur**

A. Papoulis: Probability, random variables and stochastic processes, McGraw-Hill, 2. Aufl. 1984

**Modulname**

# **Thermodynamik und Kraftwerktechnik**

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Krost

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Krost

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

Aus Bachelor: Grundlagen der Physik (Thermodynamik) und der Energieversorgungssysteme.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Thermodynamik und Kraftwerktechnik	2	120	4

**Beschreibung**

Die Veranstaltung behandelt die verschiedenen Arten der heutigen Elektrizitätserzeugung mit ihren jeweiligen Charakteristika und Restriktionen. Der Stoff umfasst in erster Linie die konventionellen Kraftwerkstypen einschließlich der Kernenergienutzung. Für den dominierenden Bereich der thermischen Kraftwerke werden eingangs die thermodynamischen Grundlagen sowie Grundzüge der Kernphysik als Grundlagen für die Modellierung vermittelt. Berücksichtigung finden auch die Einbindung der unterschiedlichen Kraftwerke in das elektrische Netz sowie die sich daraus ergebenden Konsequenzen hinsichtlich Einsatzmöglichkeiten, Regelung, Eigenbedarf und Beitrag zu Netz-Systemdienstleistungen. Die unterschiedlichen Möglichkeiten zur regenerativen Elektrizitätserzeugung werden ebenfalls bezüglich ihres Verhaltens charakterisiert. In Übungsaufgaben werden Beispiele zur Kraftwerksauslegung und -anwendung rechnerisch behandelt.

**Ziele**

Die Studierenden verstehen physikalische Grundlagen und Funktionsweise verschiedener Kraftwerkstypen, einschließlich ihrer Besonderheiten der Auslegung wie auch der Betriebsführung. Sie verstehen auch die spezifischen Eigenschaften, Anforderungen und Restriktionen regenerativer Energieerzeugung. Sie können die thermodynamischen Grundlagen zur (groben) Modellierung thermischer Kraftwerkprozesse anwenden. Sie können das regelungstechnische Verhalten verschiedener Kraftwerkstypen im Hinblick auf die Wechselbeziehung mit dem elektrischen Energieversorgungsnetz modellieren sowie beim Entwurf auslegen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (mündliche Prüfung, 30 bis 60 min).

**Literatur**

H. Happold; D. Oeding; B. Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze. 6. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, 2004.



<b>Modulname</b>
<b>Übertragungstechnik</b>
<b>Modulverantwortlicher</b>
Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik
<b>Lehrende</b>
Prof. Dr.-Ing. Andreas Czylik

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

<b>Empfohlene Voraussetzungen</b>

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Übertragungstechnik	2	150	5

<b>Beschreibung</b>
<p>Die Lehrveranstaltung führt in analoge und digitale Übertragungsverfahren ein. Die besprochenen Übertragungsverfahren werden mit Hilfe statistischer Methoden analysiert. Im Bereich analoger Übertragungsverfahren werden Amplituden- und Winkelmodulation, äquivalente Basisbandsysteme, Bandpassrauschen sowie Preemphasis-/Deemphasisfilter behandelt.</p> <p>Schwerpunkt der Vorlesung sind digitale Übertragungsverfahren wie Pulsamplitudenmodulation, Quadraturamplitudenmodulation (QAM), digitale Phasenmodulation (PSK und CPM), Mehrträgerübertragung (OFDM). Dabei wird insbesondere auch auf die besondere Problematik von Kanälen mit Intersymbolinterferenz eingegangen. Es werden jeweils auch optimale und suboptimale Empfangsverfahren besprochen.</p> <p>Diese Themen werden mittels Übungsaufgaben vertieft.</p>
<b>Ziele</b>
Die Studierenden haben ein solides Grundlagenwissen im Bereich analoger und digitaler Übertragungsverfahren. Sie sind in der Lage, die verschiedenen Verfahren einzuordnen sowie neue Verfahren zu analysieren und zu entwickeln.
<b>Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote</b>
Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 min).
<b>Literatur</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- S. Haykin: Communication Systems. John Wiley, 3. Aufl. 1994.</li> <li>- J. G. Proakis: Digital Communications. McGraw-Hill, 2. Aufl. 1989.</li> <li>- S. Benedetto, E. Biglieri, and V. Castellani: Digital Transmission Theory. Prentice-Hall, 1987</li> </ul>

Modulname bzw. Wahlpflichtbereich

## **Wahlpflichtbereich F-AT, F-HFS, F-IEN**

Modulverantwortlicher

NN

Lehrende

NN (Lehrende der jeweils ausgewählten Wahlpflichtfächer)

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
2	je nach Wahlpflichtfach	deutsch oder englisch/deutsch	-

### **Empfohlene Voraussetzungen**

je nach gewählten Wahlpflichtfächern.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Wahlpflichtfach 1	4	120	4
2	Wahlpflichtfach 2	4	120	4
	<b>Summe</b>		<b>240</b>	<b>8</b>

### **Beschreibung**

Der Wahlpflichtbereich im Master-Fernstudiengang „Elektrotechnik und Informationstechnik“ bietet die Möglichkeit, sich innerhalb der gewählten Vertiefungsrichtung vertieft mit spezielleren Grundlagen oder Anwendungen zu beschäftigen.

In der Vertiefungsrichtung AT (Automatisierungstechnik), HFS (Hochfrequenzsysteme und IEBN (Intelligente Energienetze) sind durch Prüfungsleistungen in Wahlpflichtfächern aus dem entsprechenden Wahlpflichtkatalog (F-AT, F-HFS, F-IEN) insgesamt 8 Credits zu erbringen. Dies entspricht typischerweise 2 Wahlpflichtfächern.

### **Ziele**

Die konkreten Ziele hängen von der gewählten Veranstaltung ab, siehe bei der jeweiligen Veranstaltung. Allgemeine Ziele: siehe Beschreibung.

### **Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Für jedes gewählte Wahlpflichtfach: Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung 60 bis 120 min oder mündliche Prüfung 30 bis 60 min).

Jedoch im Fall eines Fernpraktikums: Unbenotete Studienleistung: Durchführung von Versuchen (Simulationen) auf einem PC und Rückmeldung von Ergebnissen und Auswertungen.

### **Literatur**

Spezifisch für die gewählten Wahlpflichtfächer, siehe dort.

Modulname bzw. Wahlpflichtbereich

## **Wahlpflichtbereich F-DKS**

Modulverantwortlicher

NN

Lehrende

NN (Lehrende der jeweils ausgewählten Wahlpflichtfächer)

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
2	je nach Wahlpflichtfach	deutsch oder englisch/deutsch	-

### **Empfohlene Voraussetzungen**

je nach gewählten Wahlpflichtfächern.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Wahlpflichtfach 1	3	120	4
2	Wahlpflichtfach 2	4	120	4
3	Wahlpflichtfach 3	4	120	4
	<b>Summe</b>		<b>360</b>	<b>12</b>

### **Beschreibung**

Der Wahlpflichtbereich im Master-Fernstudiengang „Elektrotechnik und Informationstechnik“ bietet die Möglichkeit, sich innerhalb der gewählten Vertiefungsrichtung vertieft mit spezielleren Grundlagen oder Anwendungen zu beschäftigen.

In der Vertiefungsrichtung DKS (Digitale Kommunikationssysteme) sind durch Prüfungsleistungen in Wahlpflichtfächern aus dem Wahlpflichtkatalog F-DKS insgesamt 12 Credits zu erbringen. Dies entspricht typischerweise 3 Wahlpflichtfächern.

### **Ziele**

Die konkreten Ziele hängen von der gewählten Veranstaltung ab, siehe bei der jeweiligen Veranstaltung. Allgemeine Ziele: siehe Beschreibung.

### **Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Für jedes gewählte Wahlpflichtfach: Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung 60 bis 120 min oder mündliche Prüfung 30 bis 60 min).

Jedoch im Fall eines Fernpraktikums: Unbenotete Studienleistung: Durchführung von Versuchen (Simulationen) auf einem PC und Rückmeldung von Ergebnissen und Auswertungen.

### **Literatur**

Spezifisch für die gewählten Wahlpflichtfächer, siehe dort.

**Modulname**

# Zustandsregelung

**Modulverantwortlicher**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

**Lehrende**

Prof. Dr.-Ing. Steven X. Ding

Studienjahr	Lehrveranstaltungs-Art	Sprache	Voraussetzung laut PO
1	Fernstudium-Kurs	deutsch	-

**Empfohlene Voraussetzungen**

aus dem Bachelor: Grundlagen der Regelungstechnik.

Nr.	Veranstaltung	Semester	Arbeitsaufwand in h	Credits
1	Zustandsregelung	1	120	4

**Beschreibung**

Im Rahmen der Lehrveranstaltung werden regelungstechnische Verfahren vorgestellt, welche auf der so genannten Zustandsraumdarstellung dynamischer Systeme basieren, und deren Grundlage seit Anfang der 60er-Jahre unter dem Begriff "moderne Regelungstheorie" entwickelt wurde. Anderes als die klassische Regelungstheorie, wo die Systemanalyse und der Reglerentwurf auf dem Übertragungsverhalten des betrachteten Systems basieren, gehen die Zustandsraumverfahren von der Gewinnung der Information über die Zustandsgrößen des Systems aus. Dies ermöglicht nicht nur einen tieferen Einblick in die strukturellen Eigenschaften des Systems und damit den Entwurf des so genannten Zustandsreglers, sondern auch eine effektive Nachbildung der Zustandsgrößen. Diese Technologie gewinnt in der Praxis zunehmend an Bedeutung. In dieser Vorlesung wird zunächst die Aufstellung von Zustandsraummodellen vorgestellt. Es folgt die Beschreibung der strukturellen Eigenschaften des Systems. Vorgestellt werden ferner die so genannten Zustandsraumverfahren für den Reglerentwurf. Im Zusammenhang mit dem Entwurf des Zustandsreglers werden schließlich verschiedene Verfahren zum Entwurf des so genannten Beobachters zur Nachbildung von Zustandsgrößen bzw. Störgrößen vorgestellt. .

**Ziele**

Die Studierenden können regelungstechnische Systeme im so genannten Zustandsraum modellieren und analysieren. Sie können Zustandsregler und Beobachter entwerfen.

**Zusammensetzung der Modulprüfung / Modulnote**

Unbenotete Studienleistung (Online-Test) und benotete Prüfungsleistung (schriftliche Prüfung, 90 min).

**Literatur**

- O. Föllinger, Regelungstechnik, 8. Auflage, Hüthig-Verlag, 1994.
- H. Unbehauen, Regelungstechnik II, 10. Auflage, Verlag-Vieweg, 2000.
- J. Lunze, Regelungstechnik II, 2. Auflage, Springer-Verlage, 1999.
- R. C. Dorf and R. H. Bishop, Modern control systems. 10th Edition, Pearson Educational International, 2005.
- T. Kailath, Linear systems, Prentice-Hall Inc., 1980