

# Modulhandbuch

---

## Master

# Wirtschaftsingenieurwesen

---

**Studienordnungsversion: 2018**

**Vertiefung: ET**

**gültig für das Wintersemester 2020/2021**

Erstellt am: 26. April 2021









aus der POS Datenbank der TU Ilmenau

Herausgeber: Der Präsident der Technischen Universität Ilmenau

URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-mhb-20864

# Inhaltsverzeichnis

Name des Moduls/Fachs	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.F	Ab- schluss	LP
	VSP	VSP	VSP	VSP	VSP	VSP	VSP	VSP	VSP	VSP		
<b>Ingenieurwissenschaftliche Grundlagenfächer</b>											FP	14
Leistungselektronik 1 - Grundlagen	2	2	0								PL 30min	4
Informationstechnik			2	1	1						PL	5
Mikro- und Halbleitertechnologie 1			2	2	0						PL	5
<b>Mikroelektronik</b>											FP	24
Elektroniktechnologie 1	2	2	1								PL 90min	6
Nanotechnologie											PL	5
Entwurf integrierter Systeme 1			3	1	0						PL 30min	5
Halbleiterbauelemente	2	2	0	2	1	1					PL	10
Leistungsbauelemente und Power-ICs			2	2	0						PL 30min	5
Mikro- und Nanosensorik											PL 90min	5
Nanoelektronik	2	2	0								PL 90min	5
Bauelemente Simulation und Modellierung				2	1	0					PL 30min	5
Optoelektronik				2	2	0					PL	5
Praktikum Mikrofabrikation				0	0	4					SL	5
Hauptseminar											FP	4
Hauptseminar Elektronik-Technologie			0	2	0						PL	4
Hauptseminar Mikro- und Festkörperelektronik				0	2	0					PL	4
<b>Informationstechnik / Telekommunikation</b>											FP	24
Antennen			2	1	1						PL 30min	5
Die Internet-Protokollwelt				2	2	0					PL	5
Digitale Messdatenverarbeitung 1			2	2	0						PL 30min	5
Elektronische Messtechnik			2	2	1						PL 30min	5
Messsysteme der Informations- und Kommunikationstechnik			3	1	0						PL 30min	5
Mobile Communications			3	1	0						PL	5
Nachrichtentechnik				2	2	0					PL	5
Adaptive and Array Signal Processing				3	1	0					PL	5
Digitale Messdatenverarbeitung 2				2	2	0					PL 30min	5
Digitale Signalverarbeitung 1	2	1	1								PL	5
Funksysteme				3	1	0					PL 30min	5
Hauptseminar											FP	4
Hauptseminar Kommunikationsnetze				0	2	0					PL	4
HS Mobile Communications				0	2	0					PL	4
<b>Energietechnik</b>											FP	24
Elektrische Energiesysteme 1	2	2	0								PL	5
Lichtbogen und Kontaktphysik (KoLibo)			2	2	1						PL	5
Antriebssteuerungen			2	1	1						PL 45min	5
Einführung in die Hochspannungstechnik	2	2	1								PL 60min	5
Elektrotechnische Geräte und Anlagen 2 (ETG2)			2	1	1						PL 60min	5
Grundlagen des Betriebs und der Analyse elektrischer Energiesysteme (EES 2)			2	2	0						PL 20min	5
Microcontroller- und Signalprozessortechnik			2	1	1						PL 45min	5
Netzleittechnik und Energiemanagementsysteme (EES3)			2	2	0						PL 20min	5
Technologie der Schaltgeräte (TNSG)				2	2	0					PL 60min	5
Aktive Filter und Leistungsflussregelung in elektrischen Netzen				2	2	0					PL 45min	5

Schaltnetzteile / Stromversorgungstechnik		2 1 1				PL 45min	5
Hauptseminar						FP	4
Projektierungsseminar EET		0 3 0				PL 30min	4

## Modul: Ingenieurwissenschaftliche Grundlagenfächer

Modulnummer: 9018

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Im Modul werden den Studierenden Kenntnisse aus der elektrischen Messtechnik sowie der Signal- und Systemtheorie vermittelt. Die Studierenden sollen mathematisch fundiert die Beschreibung deterministischer Signale und ihr Zusammenwirken mit linearen Systemen kennenlernen. Das Zeit-Frequenz-Denken wird eingeführt und die Studierenden werden in die Lage versetzt, Probleme unter systemtheoretischen Gesichtspunkten zu analysieren und Lösungswege zu finden. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, komplexe meßtechnische Aufgaben zu lösen und die in der Regel digitalen Messdaten entsprechend weiterzuverarbeiten, zu analysieren und zu bewerten.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Bachelorabschluss

### Detailangaben zum Abschluss

## Leistungselektronik 1 - Grundlagen

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache:deutsch Pflichtkennz.:Pflichtmodul Turnus:Wintersemester

Fachnummer: 100264 Prüfungsnummer:2100412

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 4	Workload (h):120	Anteil Selbststudium (h):75	SWS:4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet:2161

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen grundlegende physikalische Prinzipien der Leistungshalbleiter und ihre Anwendung in leistungselektronischen Schaltungen. Sie verstehen den grundsätzlichen Aufbau von Stromrichterschaltungen, die Beanspruchung leistungselektronischer Bauelemente während der Kommutierung und die wichtigsten Steuerprinzipien leistungselektronischer Schaltungen. Sie sind in der Lage leistungselektronische Schaltungen in ihrem statischen und dynamischen Verhalten und in der Einbindung in einfache Regelkreise zu verstehen und zu dimensionieren.

### Vorkenntnisse

Grundlagen des ingenieurwissenschaftlichen Studiums

### Inhalt

- Einführung in Kommutierungs- und Schaltvorgänge
- Systematisierung leistungselektronischer Schaltungskonzepte
- Pulsstellerschaltungen, Spannungswechselrichter
- Pulsbreitenmodulation
- selbstgeführte Stromrichter mit Spannungszwischenkreis (Spannungswechselrichter)
- Netzgeführte Stromrichter mit Strom-Zwischenkreis (Thyristorstromrichter)
- Phasenanschnittsteuerung
- Stromregelkreis

### Medienformen

Skript, Arbeitsblätter, Simulationstools, Anschauungsmaterial, Laborversuche

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1522>

### Literatur

wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
 Bachelor Fahrzeugtechnik 2013  
 Bachelor Informatik 2013  
 Master Regenerative Energietechnik 2013  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Informationstechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch      Pflichtkennz.: Pflichtmodul      Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 1357      Prüfungsnummer: 2100014

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik		Fachgebiet: 2111	

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	1																											

**Lernergebnisse / Kompetenzen**

Den Studierenden werden grundlegende Aspekte der Informationstechnik vermittelt. Zunächst lernen die Hörer elementare Verfahren kennen, um Analogsignale über Kanäle mit Bandpasscharakter zu übertragen. Dabei erwerben die Studenten das Wissen, um die Verfahren bzgl. ihrer spektralen Eigenschaften und ihrer Störresistenz zu beurteilen. Die Grundstrukturen der zugehörigen Sender und Empfänger können entwickelt und ihre Funktionsweise beschrieben werden. Den Schwerpunkt der Vorlesung bildet die Übertragung und Verarbeitung diskreter Informationssignale. Nachdem die Kenntnisse der Studierenden bzgl. der Beschreibung stochastischer Signale gefestigt und durch die Einführung von Mittelwerten höherer Ordnung erweitert wurden, erlernen die Studenten die Beschreibung von Energiesignalen mit Hilfe der Signalraumdarstellung. Sie werden so befähigt, diskrete Übertragungssysteme, und im vorliegenden Fall diskrete Modulationsverfahren, effizient zu analysieren und das Prinzip optimaler Empfängerstrukturen zu verstehen. Im letzten Teil der Vorlesung werden die Grundbegriffe der Informationstheorie vermittelt. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, auf diskrete Quellen verlustfreie Kompressionsverfahren (redundanzmindernde Codierung) anzuwenden und deren informationstheoretischen Grenzen anzugeben. Zudem werden die informationstheoretischen Grenzen für die störungsfreie (redundanzbehafete) Übertragung über gestörte diskrete Kanäle vermittelt; eine Fortsetzung finden die Betrachtungen in der Vorlesung Nachrichtentechnik.

**Vorkenntnisse**

Pflichtfächer in den Semestern 1 bis 3

**Inhalt**

1. Einleitung
2. Analoge Modulationsverfahren
  - 2.1 Amplitudenmodulation
  - 2.2 Winkelmodulation
    - o Phasenmodulation (PM)
    - o Frequenzmodulation (FM)
3. Stochastische Prozesse
  - 3.0 Grundlagen stochastischer Prozesse
    - o Stationaritätsbegriffe
      - starke Stationarität (strict sense stationarity - SSS)
      - schwache Stationarität (wide sense stationarity - WSS)
    - 3.1 Scharmittelwerte stochastischer Signale
      - Beispiel 3.1: Kosinus mit Zufallsphase
    - 3.2 Zeitmittelwerte stochastischer Signale
      - o Ergodizität
    - 3.3 Zeitmittelwerte deterministischer Signale
      - 3.3.1 Autokorrelationsfunktion (AKF) periodischer Zeitfunktionen
      - 3.3.2 Autokorrelationsfunktion (AKF) aperiodischer deterministischer Zeitfunktionen
    - 3.4 Fouriertransformierte der Autokorrelationsfunktion (AKF)
      - 3.4.1 Spektrale Energiedichte
      - 3.4.2 Spektrale Leistungsdichte
        - Beispiel 3.1: Kosinus mit Zufallsphase (Fortsetzung)
        - Beispiel 3.2: Modulation eines Zufallsprozesses
        - Beispiel 3.3: weißes Rauschen
4. Signalraumdarstellung

#### 4.0 Einleitung

- o Modell eines digitalen Kommunikationssystems (Quelle, Sender, Kanal, Empfänger)
- o Definition und Eigenschaften von Skalarprodukten (Wiederholung aus der Vorlesung Schaltungstechnik)

#### 4.1 Geometrische Darstellung von Signalen

- o Darstellung von Signalen im Signalraum
- o Gram-Schmidt'sches Orthogonalisierungsverfahren

#### 4.2 Transformation des kontinuierlichen AWGN Kanals in einen zeitdiskreten Vektor-Kanal

- o Struktur des Detektors bei der Übertragung von Signalen im Signalraum
- o Statistische Beschreibung der Korrelatorausgänge

#### 4.3 Kohärente Detektion verrauschter Signale

- o Definition der der Likelihood-Funktion und der Log-Likelihood-Funktion
- o Entwurf optimaler Empfängerkonzepte
  - Maximum a posteriori (MAP) Kriterium
  - Maximum Likelihood (ML) Kriterium
  - Graphische Interpretation des ML Kriteriums
  - ML Entscheidungsregel
  - Korrelationsempfänger

#### 4.4 Analytische Berechnung der Fehlerwahrscheinlichkeit

- o mittlere Symbolfehlerwahrscheinlichkeit
- o Änderung der Fehlerwahrscheinlichkeit bei Rotation oder Translation im Signalraum
  - Konstellation mit minimaler mittlerer Energie'
- o Definition der Pairwise Error Probability (PEP)
- o Definition der Fehlerfunktion und der komplementären Fehlerfunktion
- o Approximation der Symbolfehlerwahrscheinlichkeit
  - mit Hilfe der nächsten Nachbarn (Nearest Neighbor Approximation)
  - Union Bound Schranke
- o Zusammenhang zwischen der Bitfehlerwahrscheinlichkeit und der Symbolfehlerwahrscheinlichkeit

#### 5. Digitale Modulationsverfahren

##### 5.1 Kohärente PSK Modulation

- o binäre Phasentastung (BPSK - Binary Phase Shift Keying)

- Sendesignale
- Signalraumdiagramm
- Sender- und Empfängerstruktur
- Bitfehlerrate (BER)
- Definition der Q-Funktion

- o unipolare Amplitudentastung (ASK, On-Off-Keying)

- Sendesignale
- Signalraumdiagramm
- Bitfehlerrate (BER)

- o QPSK – Quadriphase Shift Keying

- Sendesignale
- Signalraumdiagramm
- Sender- und Empfängerstruktur
- Symbolfehlerrate (SER) und Bitfehlerrate (BER)

- o Offset-QPSK

- o M-wertige Phasentastung (M-PSK)

- Sendesignale
- Signalraumdiagramm
- Beispiel: 8-PSK
- o Leistungsdichtespektrum

- anschauliche Herleitung
- Wiederholung der Beispiele 3.1 und 3.2
- AKF eines zufälligen binären Signals
- Leistungsdichtespektrum von BPSK
- Leistungsdichtespektrum von QPSK
- Leistungsdichtespektrum von M-PSK

- o Bandbreiteneffizienz von M-PSK

##### 5.2 Hybride Amplituden- und Winkelmodulationsverfahren

- o M-wertige Quadraturamplitudenmodulation (M-QAM)

- Sendesignale
- Signalraumdiagramm
- (i) Quadratische M-QAM Konstellation
- Symbolfehlerrate und Bitfehlerrate
- (ii) Kreuzförmige M-QAM Konstellation

##### 5.3 Adaptive Modulation und Codierung (AMC)

- o Berechnung der mittleren Paketfehlerrate für unterschiedliche Paketlängen

- o Spektrale Effizienz und übertragene Datenrate des Systems
- o Erfüllung von Dienstgüte (Quality of Service) Anforderungen als Kriterium zum Wechseln des Modulationsverfahrens
- o Einfluß von Codierung und Granularität
- o Stand der Technik für Mobilfunksysteme der 4. Generation
- 5.4 Kohärente FSK
  - o Sunde's binäre Frequenzastung (B-FSK)
    - Sendesignale
    - Signalraumdiagramm
    - Sender- und Empfängerstruktur
    - Bitfehlerrate (BER)
    - Leistungsdichtespektrum
  - o M-wertige FSK
    - Sendesignale
    - Signalraumdiagramm
    - Leistungsdichtespektrum
    - Bandbreiteneffizienz
  - o MSK (Minimum Shift Keying)
    - Sendesignale
    - Änderung des Nullphasenwinkels
    - Realisierung von MSK mit Hilfe eines Quadraturmodulators
    - Signalraumdiagramm
    - Leistungsdichtespektrum
  - o GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)
    - Sendesignale
    - Änderung des Nullphasenwinkels
    - Leistungsdichtespektrum
- 6. Grundbegriffe der Informationstheorie
  - 6.1 Informationsgehalt und Entropie
  - 6.2 Shannon'sches Quellencodierungstheorem
  - 6.3 Datenkompression
  - 6.4 Diskreter Kanal ohne Gedächtnis
  - 6.5 Transinformation
  - 6.6 Kanalkapazität
  - 6.7 Shannon'sches Kanalcodierungstheorem
  - 6.8 Differentielle Entropie und Transinformation für kontinuierliche Quellen
  - 6.9 Informationstheoretisches Kapazitätstheorem
- o Realisierungsgrenzen beim Systementwurf

## Medienformen

- Moodle Kurs
  - Skript, Overheadprojektor, Beamer
  - Handschriftliche Entwicklung auf Präsenter und Präsentation von Begleitfolien über Videoprojektor
- Folienscript und Aufgabensammlung im Copy-Shop oder online erhältlich Literaturhinweise online

## Literatur

- J. Proakis and M. Salehi: Communication Systems Engineering. Prentice Hall, 2nd edition, 2002.
- J. G. Proakis and M. Salehi: Grundlagen der Kommunikationstechnik. Pearson Education Deutschland GmbH, 2004.
- S. Haykin: Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- K. Kammeyer: Nachrichtenübertragung. Teubner Verlag, 2. Auflage, 1996.
- H. Rohling: Einführung in die Informations- und Codierungstheorie. Teubner Verlag, 1995.
- F. Jondral: Nachrichtensysteme. Schlembach Fachverlag, 2001.
- F. Jondral and A. Wiesler: Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse für Ingenieure. Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig, 2000.
  - A. Papoulis: Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. McGraw-Hill, 2nd edition, 1984.
  - J. R. Ohm and H. D. Lüke: Signalübertragung. Springer Verlag, 8. Auflage, 2002.

## Detailangaben zum Abschluss

Die Lehrveranstaltung wird durch eine 120 minütige schriftliche Prüfung abgeschlossen, wobei die darin erbrachte Leistung mit einer Wichtung von 90 % in die Endnote eingeht. Das Ergebnis der im Rahmen der Veranstaltung zu absolvierenden 4 Praktikumsversuche geht mit einer Wichtung von 10 % in die Endnote ein. Die Praktikumeleistung ist innerhalb des regulären Vorlesungszeitraums vor der schriftlichen Prüfung zu erbringen. Wird die Klausur ohne absolvierte Praktika angetreten, können nur 90 % der Maximalpunktzahl



erreicht werden.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008  
Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2008  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Bachelor Medientechnologie 2008  
Bachelor Medientechnologie 2013  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2013 Vertiefung AM  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Mikro- und Halbleitertechnologie 1

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch      Pflichtkennz.: Pflichtmodul      Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 1386      Prüfungsnummer: 2100045

Fachverantwortlich: Dr. Jörg Pezoldt

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik      Fachgebiet: 2142

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																														

**Lernergebnisse / Kompetenzen**

Grundverständnis und Verständnis für die Einzelprozesse und des physikalisch materialwissenschaftlichen Hintergrundes der Herstellung von Halbleiterbauelementen, integrierten Schaltkreisen, Sensor- und Mikrosystemen. Es werden Fähigkeiten vermittelt, die es ermöglichen, die einzelnen Prozessschritte in der Mikro- und Halbleitertechnologie hinsichtlich der physikalischen, chemischen und materialwissenschaftlichen Grundlagen und ihrer Anwendbarkeit zu analysieren und zu bewerten.

**Vorkenntnisse**

Grundkenntnisse in Physik, Chemie und den Funktionsweisen von elektronischen Bauelementen und integrierten Schaltkreisen

**Inhalt**

Die Vorlesung gibt eine Einführung in die physikalischen, chemischen und technischen Grundlagen der Einzelprozesse, die bei der Herstellung von Sensoren, Halbleiterbauelementen, integrierten Schaltkreisen, Sensor- und Mikrosystemen Verwendung finden. Die technologischen Verfahren und Abläufe, sowie die Anlagentechnik zur Fertigung von Halbleiterbauelementen und deren Integration in Systeme werden am Beispiel der Siliziumtechnologie und Galliumarsenidtechnologie vermittelt. 1. Einführung in die Halbleitertechnologie: Die Welt der kontrollierten Defekte 2. Einkristallzucht 3. Scheibenherstellung 4. Waferreinigung 5. Epitaxie 6. Dotieren: Legieren und Diffusion 7. Dotieren: Ionenimplantation, Transmutationslegierung 8. Thermische Oxidation 9. Methoden der Schichtabscheidung: Bedampfen 10. Methoden der Schichtabscheidung: CVD 11. Methoden der Schichtabscheidung: Plasma gestützte Prozesse 12. Ätzprozesse: Nasschemisches isotropes und anisotropes Ätzen 13. Ätzprozesse: Trockenchemisches isotropes und anisotropes Ätzen 14. Elemente der Prozeßintegration

**Medienformen**

Folien, Powerpointpräsentationen, Tafel

**Literatur**

- J.D. Plummer, M.D. Deal, P.B. Griffin, Silicon Technology: Fundamentals, Practice and Modelling, Prentice Hall, 2000. - U. Hilleringmann, Silizium - Halbleitertechnologie, B.G. Teubner, 1999. - D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich, Technology of Integrated Circuits, Springer, 2000. - VLSI Technology, Ed. S.M. Sze, McGraw-Hill, 1988. - ULSI Technology, Ed. C.Y. Chang, S.M. Sze, McGraw-Hill, 1996. - I. Ruge, H. Mader, Halbleiter-Technologie, Springer, 1991. - U. Hilleringmann, Mikrosystemtechnik auf Silizium, B.G. Teubner, 1995.

**Detailangaben zum Abschluss**

**verwendet in folgenden Studiengängen:**

- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008
- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013
- Master Micro- and Nanotechnologies 2008
- Master Regenerative Energietechnik 2011
- Master Regenerative Energietechnik 2013
- Master Regenerative Energietechnik 2016
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## **Modul: Mikroelektronik(ein ET-Profil auswählen/ET-Profil 1: Fächer im Umfang von 20 PL wählen)**

Modulnummer: 6394

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Ziegler

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### **Lernergebnisse**

Die Studierenden lernen die Funktion von elektronischen, optoelektronischen, nanoelektronischen und Sensorbauelementen und ihr Zusammenwirken in Systemen, Methoden des Entwurfs, deren Technologie sowie zukünftige Entwicklungen und Trends kennen.

Sie sind in der Lage das Fachwissen systematisch anzuwenden und zu nutzen. Sie besitzen die Fähigkeiten Problemstellungen der Mikroelektronik zu analysieren und Lösungswege zu entwickeln.

### **Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen der Elektronik, Elektrotechnik und Schaltungstechnik, Grundstudium Mathematik und Physik

### **Detailangaben zum Abschluss**



- Exercises (presented by both students and lecturer)
- Access to the online course (moodle)

#### Literatur

Scripts,

Handbuch der Leiterplattentechnik Band 1-4, Eugen Leuze Verlag ISBN3-87480-184-5

Fundamentals of Microsystems Packaging, McGraw-Hill, ISBN 0-07-137169-9

#### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Master Micro- and Nanotechnologies 2016

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Nanotechnologie

Fachabschluss: Prüfungsleistung

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 1562

Prüfungsnummer: 2100049

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Heiko Jacobs

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2142							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-semester	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P

### Lernergebnisse / Kompetenzen

While this course provides an overview of a broad range of topics it will discuss theoretical aspects tailored to benefit EE and ME students that may have limited knowledge in material science/chemistry.

Students are provided cross-disciplinary scientific knowledge and professional skills that are key to thrive in high-tech companies, emerging science based industries, government laboratories, and academia.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

The objective of this course is to introduce some of the fundamentals and current state-of-the-art in Nanotechnology through lectures from the instructor, selected readings, experiments, and special topic presentations from the students.

The topics that will be covered include:

NanoScale Imaging; Patterning using Scanning Probes, Conventional and Advance Lithography, Soft-Lithography, Stamping & Molding; Nanomaterials - Properties, Synthesis, and Applications; Nanomaterial Electronics; Bottom-up/Top-Down Nanomaterial Integration and Assembly, NanoManufacturing/Component Integration using Engineered Self-Assembly and Nanotransfer. Labs on AFM, Microcontact Printing, Nanoparticles/Nanowire Synthesis.

### Medienformen

Power Point

### Literatur

Lecture notes: <http://www.tu-ilmenau.de/mne-nano/vorlesungen-und-praktika/>

Additional Reading / Literature:

Handbook of nanoscience Engineering and Technology, Edited by William A. Goddard, III., CRS press, 2003. Standort 69, ELT ZN 3700 G578

G. Cao, Nanostructures & Nanomaterials: Synthesis, Properties & Applications. Standort 69, ELT ZN 3700 C235

G. Ozin, A Arsenal, Nanochemistry: A Chemical Approach to Nanomaterials. Standort 55, CHE VE 9850 O99

A. T. Hubbard, ed, The Handbook of Surface Imaging and Visualization. CRC press (1995) Our Molecular

Future: How Nanotechnology, Robotics, Genetics and Artificial Intelligence Will Transform the World,

Prometheus (2002), ISBN 1573929921 Standort 55 PHY UP 7500 H875

### Detailangaben zum Abschluss

Abschluss im Wintersemester: schriftliche Prüfung (90 min)

Abschluss im Sommersemester: mündliche Prüfung (30 min)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Master Micro- and Nanotechnologies 2008

Master Micro- and Nanotechnologies 2016  
Master Optische Systemtechnik/Optronik 2017  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET



## Entwurf integrierter Systeme 1

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 1326

Prüfungsnummer: 2100047

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Ralf Sommer

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2144							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		3 1 0								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, den Entwurf eines komplexen digitalen, integrierten Systems unter Berücksichtigung verschiedenster Randbedingungen durchzuführen. Sie besitzen die Fähigkeit, auf der Grundlage einer einheitlichen systematischen Entwurfsmethodik, innerhalb des gesamten Entwurfsprozesses von der Systemebene bis zur Logikebene zu navigieren und die notwendigen Entwurfsentscheidungen zu treffen. Aufgrund einer tiefgreifenden Analyse der Entwurfssystematik können sie sowohl einzelne Entwurfsobjekte wie auch diverse Entwurfsstile und Entwurfsschritte korrekt in den Gesamtprozess einordnen und anwenden.

### Vorkenntnisse

Digitale Schaltungstechnik

### Inhalt

Darstellung des Entwurfsproblems (Spezifik hoher Komplexität, Integrationsdichten der Technologien)  
Systematisierung des Entwurfsprozesses; Entwurfsautomatisierung; Systementwurf; Kommunikation zwischen Systemkomponenten; Strukturenentwurf - High Level Synthese; RT- und Logiksynthese; Library-Mapping; CMOS-Realisierung digitaler Funktionen

### Medienformen

Tafel, Folien, Powerpoint-Präsentation

Zugang zum Online-Kurs (Moodle)

### Literatur

- [1] Brück, R.: Entwurfswerkzeuge für VLSI Layout. Hanser Fachbuchverlag 1993
- [2] Kropf, T.: Introduction to Formal Hardware Verification. Springer, Berlin 2006
- [3] Gajski, D. u.a.: High Level Synthesis. Springer 2002
- [4] Rammig, F.: Systematischer Entwurf digitaler Systeme. Teubner, Stuttgart 1989

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008
- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013
- Bachelor Ingenieurinformatik 2008
- Bachelor Ingenieurinformatik 2013
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Halbleiterbauelemente

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache:englisch Pflichtkennz.:Wahlmodul Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 100413 Prüfungsnummer:210433

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Ziegler

Leistungspunkte: 10 Workload (h):300 Anteil Selbststudium (h):210 SWS:8.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet:2143

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	2	0	2	1	1																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Knowledge:

- Students will be able to understand and analyze the principles of bipolar semiconductor devices
- Students acquire an overview on current RAM technologies: the physical background, typical applications and physical limits of different RAM and mass storage devices.

Capabilities:

- Students can compare various advantages and disadvantages of bipolar devices.
- Profound understanding of various RAM technologies and valuation of their advantages and disadvantages.
- Knowledge of current difficulties and developments in RAM-technologies and knowledge of recent research approaches

Competences:

- Students understand the physical background of different RAM devices, their scaling limits and functional principles.

### Vorkenntnisse

Fundamentals of electronics, Fundamentals of electrical engineering

### Inhalt

- Physical principles of semiconductors
- Metal-semiconductor contact
- bipolar transistor
- MOSFET
- Limits of Binary Computation
- Random Access Memories
- Resistive Random Access Memories

### Medienformen

Blackboard + PowerPoint presentations

### Literatur

Simon M. Sze: Physics of Semiconductor Devices, Wiley & Sons 2006  
 Michael S. Shur: Physics of Semiconductor Devices. Prentice Hall 1991  
 Simon M. Sze: Modern Semiconductor Device Physics. Wiley & Sons 1997  
 R. Waser (ed.), Nanoelectronics and Information Technology, Wiley VCH 2005

### Detailangaben zum Abschluss

1. FS - sPL 120 min  
 2. FS - mPL 30 min

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2013 Vertiefung AM

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Leistungsbaulemente und Power-ICs

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache:deutsch

Pflichtkennz.:Wahlmodul

Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 1409

Prüfungsnummer:2100059

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Ziegler

Leistungspunkte: 5	Workload (h):150	Anteil Selbststudium (h):105	SWS:4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet:2143

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

siehe Inhalt

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Elektronik und Elektrotechnik

### Inhalt

Der Studierende erhält umfassende Kenntnisse über alle bekannten, modernen diskreten und integrierten Leistungsbaulemente, z.B. Planare und Trench-MOSFETs bzw. IGBT, Superjunction-Baulemente (COOL-MOS), Dioden, Thyristoren, abschaltbare Thyristoren, SiC- und GaN-Baulemente.

Der Studierende wird dabei mit dem jeweiligen Wirkprinzip (innere Elektronik) der Baulemente, der technologischen Herstellung, den statischen und dynamischen Eigenschaften, dem Package, den jeweiligen Grundschaltungen zur Ansteuerung und Überwachung, den Applikationen sowie den internationalen Märkten etc. vertraut gemacht.

Der Studierende lernt anhand aktueller praxisrelevanter Beispiele die Systemintegration mit Hochvolt-Mixed Signal-CMOS- bzw. Smart Power-Technologien kennen: Integration von Leistungsbaulementen sowie Sensoren in bekannte und neuartige CMOS- bzw. CMOS-Bipolar-Technologien, integrierte Mikro-Systeme (embedded systems).

Der Studierende erlangt Wissen auf dem Gebiet der Integrations- bzw. Isolationsverfahren: pn-Isolation, dielektrische Isolation (thin and thick SOI), den Herstellungsverfahren für moderne Wafersubstrate (Waferbonden, Smart-Cut, ultra dünne Wafer etc.) und lernt Beispiele für Systemintegration, Applikationen und Package kennen.

Aufgrund der breiten, bereichsübergreifenden Wissens-vermittlung und Problemdiskussion wird der Studierende bewusst befähigt, Applikationen zu erfassen und zu analysieren, Systemlösungen zu erarbeiten und umzusetzen, Vor- und Nachteile herauszuarbeiten sowie seine Ergebnisse am Markt zu bewerten, d.h. er wird genau mit den Problem- und Aufgabenstellungen konfrontiert, die für seinen späteren Industrieinsatz an der Tagesordnung sind.

Bedingt durch die Industrietätigkeit des externen Vorlesenden erhält der Studierende aus erster Hand Kenntnisse über die neuesten internationalen Entwicklungen.

### Medienformen

VL mit Beamer bzw. Multi Media Board

### Literatur

Josef Lutz: Halbleiter Leistungsbaulemente; ISBN:978-3-642-29796-0

Josef Lutz: Semiconductor Power Devices; ISBN:978-3-642-11125-9

B.Jayant Baliga: Fundamentals of Power Semiconductor Devices; ISBN: 978-0-387-47314-7

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Mikro- und Nanosensorik

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache:englisch

Pflichtkennz.:Wahlmodul

Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 1455

Prüfungsnummer:2100050

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Ziegler

Leistungspunkte: 5	Workload (h):150	Anteil Selbststudium (h):105	SWS:4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet:2143

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Learn and understand basic processes for acquiring non-electrical quantities, the construction and function of key sensors and their technology

### Vorkenntnisse

Mathematics, Physics, Electrical Engineering, Electronics

### Inhalt

- Introduction to sensor technology: transducer principles, sensor materials, manufacturing process;
- Inertial sensors: acceleration sensors, gyroscopes;
- Mechanical Sensors: Strain Gages, Piezoresistive Sensors;
- Magnetic sensors: Hall effect sensors, anisotropic magnetoresistive sensors, giant magnetoresistive based sensors;
  - Temperature sensors: thermistors, thermocouples;
  - Infrared sensors: photon detectors, thermal sensors and arrays;
  - Atomic force microscopy sensors

### Medienformen

Overhead projector, beamer, blackboard

### Literatur

Veikko Lindroos, Markku Tilli, Ari Lehto, Teruaki Motooka: Handbook of Silicon Based MEMS Materials and Technologies; William Andrew (2010)

Julien W. Gardner, Vijay K. Varadan, Osama O. Awadelkarim: Microsensors MEMS and Smart Devices; Wiley (2001)

Kempe,Volker: Inertial MEMS: principles and practice; Cambridge University Press (2011)

Antonio Rogalski: Infrared Detectors; Taylor & Francis (2010)

Ricardo Garcia: Amplitude Modulation Atomic Force Microscopy; Wiley-VCH (2010)

Ulrich Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie: Grundlagen mikroelektronischer Integrationstechnik; Springer (2019). Springer 1998

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008  
 Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
 Master Micro- and Nanotechnologies 2016  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET



## Nanoelektronik

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache:englisch

Pflichtkennz.:Wahlmodul

Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 5629

Prüfungsnummer:2100220

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Ziegler

Leistungspunkte: 5	Workload (h):150	Anteil Selbststudium (h):105	SWS:4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet:2143							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester	2 2 0									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

The students are introduced to the evolution of micro- and nanoelectronics and of important trends in this field. They become familiar with the design, operation, and relevant figures of merit of nanometer MOSFETs and with the problems of continuing MOSFET scaling. The students are introduced to additional relevant device and material concepts (e.g., nanotube and nanowire transistors, single electron transistors, spin transistors, beyond-transistor devices, two-dimensional materials) and to understand their operation. Moreover, they are enabled to critically assess future trends in nanoelectronics.

### Vorkenntnisse

Course Fundamentals of Electronics

### Inhalt

- Evolution of semiconductor electronics from micro to nano.
- Device structure and operation of classical and advanced non-classical nanometer MOSFETs.
- MOSFET scaling.
- Power consumption and self-heating.
- Nanoelectronic devices for the Post-CMOS era.
- Moore's Law: Past, present, and future

### Medienformen

PowerPoint presentations, blackboard, lecture notes (complete set of slides as PDF)

### Literatur

- Y. Taur and T. H. Ning, Fundamentals of Modern VLSI Devices, Cambridge University Press 1998, 2009.
- F. Schwierz, H. Wong, and J. J. Liou, Nanometer CMOS, Pan Stanford 2010.
- R. Waser (ed.), Nanoelectronics and Information Technology, Wiley VCH 2012.
- A. Chen et al. (eds.), Emerging Nanoelectronic Devices, Wiley 2015.

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung MNE  
 Master Micro- and Nanotechnologies 2008  
 Master Micro- and Nanotechnologies 2016  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET



## Bauelemente Simulation und Modellierung

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5968 Prüfungsnummer: 2100453

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Ziegler

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2143

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
							2	1	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studenten erhalten eine grundlegende Einführung in die Simulation und Modellierung elektronischer Bauelemente und werden mit den grundlegenden Modellen vertraut gemacht. Die Studenten kennen den Aufbau sowie die physikalischen und mathematischen Grundlagen der Simulation elektronischer Bauelemente und sind in der Lage, diese zu modellieren und in elektronischen Schaltungen zu beschreiben.  
 Fachkompetenzen: Ingenieurtechnische Grundlagen zur Anwendung von Simulationstools zur Untersuchung des Verhaltens elektronischer Bauelemente, Kenntnis der Bauelementemodelle für den Schaltungsentwurf  
 Methodenkompetenz: Nutzung von Simulationstools zur Verhaltensbeschreibung von elektronischen Bauelementen  
 Systemkompetenzen: Die Bauelementesimulation und -modellierung steht im Zusammenhang mit anderen Lehrgebieten (Halbleitertechnologie, Festkörperelektronik, Physik, Schaltungsentwurf, mikro- und nanoelektronische Systeme), Entwicklung interdisziplinären Denkens.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Elektrotechnik, Elektronik, Schaltungstechnik, Mikro- und Nanotechnologie

### Inhalt

Die Simulation im Bauelemente-Entwurf vom Prozess zur Schaltung. Physikalische und mathematische Grundlagen der Technologiesimulation (Dotier-, Schichtabscheidungs- und Strukturierungsprozesse) und der Bauelementesimulation (Boltzmann-Gleichung, Drift-Diffusions- und Energietransport-Modell, Halbleiter- und Grenzflächeneffekte). Numerische Verfahren (Diskretisierung partieller Differentialgleichungen (FDM, FBM, FEM) und deren Lösung). Bauelementemodelle für die Schaltungssimulation.

### Medienformen

Folien, Computeranimationen, Tafel

### Literatur

T. A. Fjeldly, T. Ytterdal, and M. Shur, Introduction to Device Modeling and Circuit Simulation, John Wiley & Sons 1998. H. Khakzar, Entwurf und Simulation von Halbleiterschaltungen mit PSPICE, Expertverlag 1997. J. S. Yuan and J. J. Liou, Semiconductor Device Physics and Simulation, Plenum Press 1998. S. Selberherr, Analysis and Simulation of Semiconductor Devices, Springer 1984.

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung MNE  
 Master Micro- and Nanotechnologies 2008  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET







## Modul: Hauptseminar Mikroelektronik (1 aus 2)

Modulnummer: 100807

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jens Müller

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden erhalten Einblick in die Zusammenhänge zwischen Funktion, Technologie, Wirtschaftlichkeit und Umweltaspekten für mikroelektronische Bauelemente und Geräte. Sie erlangen die Fähigkeit, Auswahlkriterien für Gerätekonzepte und Fertigungstechnologien zu erarbeiten und geeignete Aufbau- und Verbindungstechnologien auszuwählen.

*Fachkompetenzen:* Werkstoffwissenschaftliche und ingenieurtechnische Grundlagen, Erkennen von Entwicklungstrends, neuen Technologien und Techniken.

*Methodenkompetenz:* Systematisches Erfassen von Problemstellungen, Analyse von Aufbautechniken (Umgang mit Analyseverfahren), Anwendung des Fachwissens, Dokumentation von Ergebnissen.

*Systemkompetenzen:* Verstehen der Einflüsse der technologischen Schaltungsumsetzung auf deren Funktion und Zuverlässigkeit, Entwicklung interdisziplinären Denkens (Wechselwirkung Design, Material, Technologie).

*Sozialkompetenzen:* Kommunikation, Teamfähigkeit, selbstbewusstes Präsentieren; Beachtung ökologischer Aspekte für die Schaltungsrealisierung.

### Vorraussetzungen für die Teilnahme

Bachelor einer wirtschaftingenieurtechnischen oder naturwissenschaftlichen Fachrichtung

### Detailangaben zum Abschluss

## Hauptseminar Elektronik-Technologie

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 6379

Prüfungsnummer: 2100229

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jens Müller

Leistungspunkte: 4	Workload (h): 120	Anteil Selbststudium (h): 98	SWS: 2.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2146							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		0 2 0								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden erhalten Einblick in die Zusammenhänge zwischen Funktion, Technologie, Wirtschaftlichkeit und Umweltaspekten für mikroelektronische Geräte. Sie erlangen die Fähigkeit, Auswahlkriterien für Gerätekonzepte und Fertigungstechnologien zu erarbeiten und geeignete Aufbau- und Verbindungstechnologien auszuwählen.

**Fachkompetenzen:** Werkstoffwissenschaftliche und ingenieurtechnische Grundlagen, Erkennen von Entwicklungstrends, neuen Technologien und Techniken.

**Methodenkompetenz:** Systematisches Erfassen von Problemstellungen, Analyse von Aufbautechniken (Umgang mit Analyseverfahren), Anwendung des Fachwissens, Dokumentation von Ergebnissen.

**Systemkompetenzen:** Verstehen der Einflüsse der technologischen Schaltungsumsetzung auf deren Funktion und Zuverlässigkeit, Entwicklung interdisziplinären Denkens (Wechselwirkung Design, Material, Technologie).

**Sozialkompetenzen:** Kommunikation, Teamfähigkeit, selbstbewusstes Präsentieren; Beachtung ökologischer Aspekte für die Schaltungsrealisierung.

### Vorkenntnisse

Bachelor einer Fachrichtung des Wirtschaftsingenieurwesens bzw. Natur- und Ingenieurwissenschaften

### Inhalt

Die Studenten analysieren IT-Geräte hinsichtlich Funktion, der zum Aufbau angewandten Verfahren der Aufbau- und Verbindungstechnologie und hinsichtlich ökologischer Aspekte wie Energieverbrauch, Wartungs- und Servicefreundlichkeit sowie des Entsorgungskonzepts.

Anwendung moderner Analyseverfahren (z.B. Röntgentomografie)

Untersuchung aktueller Gerätefamilien (z.B. Mobiltelefone, Tablets etc.)

Vorstellung der Ergebnisse in einer Präsentation

### Medienformen

Gerätedokumentationen, Powerpoint-Präsentationen

### Literatur

Handbuch der Leiterplattentechnik Band 4, Eugen G. Leuze Verlag, Bad Saulgau, 2003, ISBN 3-87480-184-5.

Scheel, Wolfgang: Baugruppen-Technologie der Elektronik. Montage Verlag Technik, Berlin 1999.

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Hauptseminar Mikro- und Festkörperelektronik

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache:Deutsch Pflichtkennz.:Wahlmodul Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 6378 Prüfungsnummer:2100230

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Ziegler

Leistungspunkte: 4 Workload (h):120 Anteil Selbststudium (h):98 SWS:2.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet:2143

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							0	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden erhalten durch ihre eigene Arbeit und durch die Vorträge der anderen Teilnehmer des Hauptseminars Einblicke in aktuelle und zukunftssträchtige Entwicklungen auf dem Gebiet der Mikro- und Nanoelektronik. Sie werden in die Lage versetzt, ihre im bisherigen Studium erlangten Grundlagenkenntnisse auf höchstaktuelle Problemstellungen anzuwenden und neue Entwicklungen kritisch zu bewerten.

### Vorkenntnisse

Bachelor einer technischen oder naturwissenschaftlichen Fachrichtung. Vorteilhaft: Vorlesung Elektronik

### Inhalt

Die Studierenden wählen aus einem Katalog eine aktuelle Aufgabenstellung aus dem Bereich Mikro- und Nanoelektronik aus und bearbeiten diese in Absprache mit dem Betreuer selbständig. Sie fassen die wesentlichen Ergebnisse in Form eines Vortrags (freier Vortrag mit Powerpoint-Präsentation) zusammen und stellen diesen im Hauptseminar vor.

### Medienformen

Powerpoint-Präsentationen, aktuelle Zeitschriften- und Konferenzartikel

### Literatur

Grundlagenbücher und aktuelle Artikel. Der Betreuer stellt die wichtigsten Quellen zusammen und gibt Hinweise für eigene Recherchen der Studierenden

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## **Modul: Informationstechnik / Telekommunikation(ET-Profil 2: Fächer im Umfang von 20 PL wählen)**

Modulnummer: 9019

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### **Lernergebnisse**

Im Modul Informationstechnik werden den Studierenden Kenntnisse aus der elektrischen Messtechnik sowie der Signal- und Systemtheorie vermittelt. Die Studierenden sollen mathematisch fundiert die Beschreibung deterministischer Signale und ihr Zusammenwirken mit linearen Systemen kennenlernen. Das Zeit-Frequenz-Denken wird eingeführt und die Studierenden werden in die Lage versetzt, Probleme unter systemtheoretischen Gesichtspunkten zu analysieren und Lösungswege zu finden. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, komplexe messtechnische Aufgaben zu lösen und die in der Regel digitalen Messdaten entsprechend weiterzuverarbeiten, zu analysieren und zu bewerten.

### **Voraussetzungen für die Teilnahme**

Pflichtfächer in den Semestern 1 bis 3

### **Detailangaben zum Abschluss**



## Antennen

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5168

Prüfungsnummer: 2100171

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Matthias Hein

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2113							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 1 1								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden verstehen die Eigenschaften elektromagnetischer Wellen und wenden dieses Wissen auf die grundlegenden Entwurfs- und Berechnungsverfahren von Antennen im Fernfeld an. Sie analysieren solche Verfahren hinsichtlich ihrer Eignung und Auswirkungen für verschiedene Antennentypen. Vertiefende Problemstellungen in den Übungen versetzen die Studierenden in die Lage, Antennenentwürfe zu synthetisieren. Die Studierenden generalisieren die Eigenschaften einzelner Antennen in Bezug auf das Zusammenwirken in Strahlergruppen. Sie übertragen ihnen bekannte Darstellungsverfahren auf die räumlich-zeitlich filternden Eigenschaften von Gruppenantennen. Die Studierenden erkennen Zusammenhänge aus dem Bereich der Antennentechnik mit Wellenausbreitung und Funksystemen, Schaltungen und Bausteinen der HF- und Mikrowellentechnik, der Nachrichtentechnik und Informationstheorie und vermögen diese anwendungsspezifisch zu bewerten.

Fachkompetenzen: Natur- und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen, frühzeitige Einbindung von Entwicklungstendenzen, neueste Techniken und Methoden, Einbindung des angewandten Grundlagenwissens der Informationsverarbeitung.

Methodenkompetenz: Systematisches Erschließen und Nutzen des Fachwissens und Dokumentation von Arbeitsergebnissen; Modellbildung, Planung, Simulation und Bewertung komplexer Systeme.

Systemkompetenzen: Überblickwissen über angrenzende Fachgebiete, die für die Gestaltung von Systemen wichtig sind, fachübergreifendes, systemorientiertes Denken.

Sozialkompetenzen: Kommunikation, Teamwork, Präsentation; Erkennen und Analyse gesellsch. Bedürfnisse, Schnittstellen techn. Problemstellungen zur Gesellschaft.

### Vorkenntnisse

Elektrodynamik / Elektromagnetische Wellen

Signale und Systeme

Grundlagen der Hochfrequenztechnik

### Inhalt

1. Einführung: Inhaltsübersicht, Motivation, Entwicklungen und Trends, elektromagnetische Grundlagen
2. Antennen im Sendebetrieb: Beschreibung des Strahlungsfeldes, Fern-feldbedingung, Elementar-antennen, Antennenkenn-größen
3. Antennen im Empfangsbetrieb: Reziprozitätstheorem, Wirkfläche, Leistungsübertragung (Fränz'sche Formel und Radargleichung), Rausch-temperatur
4. Bauformen einfacher Antennen: Flächenstrahler, Drahtantennen, Planarantennen, Beschreibungsmodelle, Kenngrößen
5. Gruppenantennen (antenna arrays): Phasengesteuerte Arrays, lineare Arrays, Richtcharakteristik von Arrays (Strahlungskopplung), Strahl-formung
6. Signalverarbeitung mit Antennen: Räumliche Frequenzen, Antennen als Filter, Keulensynthese, superdirektive Antennen, adaptive Antennen
7. Antennenmesstechnik: Gewinn, Richtcharakteristik (Nah- und Fernfeld), Rauschtemperatur, Eingangswiderstand, Bandbreite

Die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung sowie einem benoteten Praktikum (1 SWS). Die Prüfung geht mit 75%, das Praktikum mit 25% in die Gesamtbewertung ein.

Praktikum Antennenmessprojekt

Das Praktikum zur Lehrveranstaltung Antennen umfasst drei unterschiedliche Projekte zur Antennenmessung an folgenden drei Einrichtungen:

Antennenmesslabor,

Nahfeldscanner,  
Messlabor VISTA.

Im laufenden Semester hat jeder teilnehmende Student eines der Projekte zu absolvieren.

#### Medienformen

Tafelbild, interaktive Entwicklung der Stoffinhalte

Illustrationen zur Vorlesung (in elektronischer Form verfügbar)

Exponate, Möglichkeiten zur individuellen Nutzung / experimentellen Untersuchung

Hinweise zur persönlichen Vertiefung

Identifikation vorlesungsübergreifender Zusammenhänge

Vorlesungsbegleitende Aufgabensammlung zur selbständigen Nacharbeitung (in elektronischer Form verfügbar)

#### Literatur

S. Drabowitch, A. Papiernik, H. Griffiths, J. Encinas, B. L. Smith, "Modern antennas", Chapman & Hill, 1998.

C.A. Balanis, "Antenna theory: analysis and design", Wiley, 1997.

J.D. Kraus und R.J. Marhefka, "Antennas for all applications", McGraw-Hill, 2002.

Zinke-Brunswig, "Hochfrequenztechnik 1" (Kap. 6), Springer, 2000.

E. Stirner, "Antennen", Band 1: Grundlagen, Band 2: Praxis, Band 3: Messtechnik, Hüthig-Verlag, 1977.

R. Kühn, "Mikrowellenantennen", Verlag Technik Berlin.

E. Pehl, "Mikrowellentechnik", Band 2: "Antennen und aktive Bauteile", Dr. Alfred Hüthig Verlag, 1984.

#### Detailangaben zum Abschluss

Die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung sowie einem benoteten Praktikum (1 SWS). Die Prüfung geht mit 75%, das Praktikum mit 25% in die Gesamtbewertung ein.

Achtung: Die alternative Prüfungsleistung wird entsprechend dem Turnus der Lehrveranstaltung jeweils nur im Sommersemester angeboten!

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT

Master Ingenieurinformatik 2009

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Die Internet-Protokollwelt

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5169 Prüfungsnummer: 2100222

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jochen Seitz

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2115

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Studierenden wird in dieser Veranstaltung das Internet näher gebracht. Sie kennen dessen Aufbau und Funktionsweise und können Aussagen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und der Einsatzfelder machen. Sie erkennen die Zusammenhänge zwischen Kommunikationsnetzen allgemein und dem Internet. Sie können die Anforderungen von modernen Kommunikationsanwendungen einordnen und somit die Notwendigkeit zusätzlicher Mechanismen im Internet und deren Realisierungsmöglichkeiten erläutern. Darüber hinaus bekommen Sie das Rüstzeug zur Definition von Kommunikationsdiensten und -protokollen vermittelt, die auf bestehenden Internet-Protokollen aufbauen.

### Vorkenntnisse

Kommunikationsnetze

### Inhalt

1. Einführung
2. Internet Protocol
3. Hilfsprotokolle der Internet-Schicht
4. Routing
5. Die Transportschicht im Internet
6. Mobilitätsunterstützung auf verschiedenen Schichten
7. Dienstgüte im Internet
8. Multimedia im Internet
9. Das Internet der neuen Generation
10. Anwendungen im Internet
11. Internet of Things

### Medienformen

- Powerpoint-Präsentation
- Tafelanschrieb
- Internet-Demonstrationen während der Vorlesung
- Foliensammlung online
- Fragenkatalog
- weiterführende Web-Seiten
- Seminaufgaben

Moodle-Link

### Literatur

- Badach, A.: Voice over IP - Die Technik. Hanser Fachbuchverlag, 2006.
- Black, U.: Network Management Standards - SNMP, CMIP, TMN, MIBs and Object Libraries. McGraw-Hill Education, 1994.
- Braun., T.: IPnG - Neue Internet-Dienste und virtuelle Netze: Protokolle, Programmierung und Internetworking. Dpunkt Verlag, 2001.
- Comer, D.E.: Computernetzwerke und Internets mit Internet-Anwendungen. Pearson Studium, 2004.
- Comer, D.E.: TCP/IP - Konzepte, Protokolle und Architekturen. Mitp-Verlag, 2003.

- Deitel, H.M. (Hrsg.): Wireless Internet and Mobile Business - How to Program. Prentice Hall International, 2002.
- Halsall, F.: Data Communications, Computer Networks and Open Systems. Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 1998.
- Hegering, H.-G. ; Abeck, S. ; Neumair, B.: Integriertes Management vernetzter Systeme - Konzepte, Architekturen und deren betrieblicher Einsatz. Dpunkt Verlag, 1999.
- Huitema, C.: Routing on the Internet. Prentice Hall, 1999.
- Krüger, G.; Reschke, D.: Lehr- und Übungsbuch Telematik - Netze; Dienste; Protokolle. Hanser Fachbuchverlag, 2004.
- Kurose, J.F. ; Ross, K.: Computer Networking - A Top-Down Approach Featuring The Internet. Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 2005.
- Langsford, A.; Moffett, J.D.: Distributed Systems Management. Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 1993.
- Lin, Y.-B. ; Chlamtac, I.: Wireless and Mobile Network Architectures. Wiley & Sons, 2000.
- Mondal, A.S.: Mobile IP: Present State and Future. Springer Netherlands, 2003.
- Perlman, R.: Bridges, Routers, Switches and Internetworking Protocols. Addison Wesley, 1999.
- Peterson, L; Davie, B.S.: Computernetze - Eine systemorientierte Einführung. Dpunkt Verlag, 2004.
- Rose, M.T.: The Simple Book - An Introduction to Management of TCP/IP-based Internets. Prentice Hall PTR, 1996.
- Schiller, J.: Mobilkommunikation. Pearson Studium, 2003.
- Seitz, J. ; Debes, M. ; Heubach, M. ; Tosse, R.: Digitale Sprach- und Datenkommunikation - Netze; Protokolle; Vermittlung. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag
- Solomon, J.D.: Mobile IP - The Internet Unplugged. Pearson Education Ltd., 1997.
- Stallings, W.: SNMP, SNMPv2 and RMON - Practical Network Management. Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 1999.
- Stallings, W.: Data and Computer Communications. Prentice Hall, 2006.
- Stevens, W.R.: TCP/IP Illustrated. Bd. 1: The Protocols. Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 2001.
- Stevens, W.R.: TCP/IP Illustrated. Bd. 3: TCP for Transactions, HTTP, NNTP and the UNIX Domain Protocols. Addison-Wesley Longman, Amsterdam, 2001.
- Tanenbaum, A.S.: Computernetzwerke. Pearson Studium, 2003.
- Westgate, J.: Technical Guide for OSI Management. Blackwell Publishers, 1993.
- Wilde, E.: World Wide Web - Technische Grundlagen. Springer, Berlin, 1999.

#### Detailangaben zum Abschluss

Die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer mündlichen Prüfung (30 Minuten) sowie einer semesterbegleitenden Hausarbeit. Die mündliche Prüfung geht mit 4/5, das Praktikum mit 1/5 in die Gesamtbewertung ein. Beide abzulegenden Leistungen müssen in einem Semester angetreten werden.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Digitale Messdatenverarbeitung 1

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5180 Prüfungsnummer: 2100172

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Giovanni Del Galdo

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2112

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden verstehen die Methoden der digitalen Signalverarbeitung und Spektralanalyse für deterministische und stochastische Signale. Sie sind in der Lage, komplexe Konzepte für die Signal- und Systemanalyse zu bewerten, zu konzipieren und zu implementieren. Die Studierenden verstehen die Zusammenhänge der verschiedenen algorithmischen Konzepte und können das Fehlverhalten der Algorithmen analysieren und bewerten. Sie sind in der Lage, diese Methoden zur Analyse von Messdaten in der Informations-, Kommunikations- und Hochfrequenztechnik anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Elektrotechnik, Signale und Systeme

### Inhalt

1. Diskrete Fouriertransformation - Grundgesetze und Zusammenhang zur Fourierintegraltransformation - Zerlegungssatz (verallgemeinerte Periodifizierung und Dezimierung) - FFT-Algorithmen (DIF, DIT, Radix 2, 4, ..., Mixed Radix, Split Radix, reelle Folgen) 2. Analyse impulsförmiger Signale - Näherungsweise Berechnung der Fourierintegraltransformation - Abtastung und Zeitbegrenzung - Interpolation - Interpolation mit Modellfunktion - Methode der kleinsten Fehlerquadrate - Beispiele aus der Systemidentifikation 3. Messdatenerfassung und Filter - Anti-Aliasing Filter (für aperiodische und für periodische Signale) - Multiratenfilter (FIR, Dezimation, Interpolation, Halbbandfilter) - Überabtastung (digitale Anti-Aliasing-Filter) - analytisches Signal, Hilberttransformation, komplexe Signalhüllkurve 4. Quantisierung - Quantisierungstheorem - Dither - Überabtastung und Noise Shaping - Sigma-Delta-Prinzip - Quantisierungseffekte durch endliche Wortlänge (Abschneiden/Runden, Überlauf, Skalierung, Blockgleitkomma) - Quantisierungseffekte in Filtern und in der FFT 5. FFT-Spektralanalyse periodischer und quasiperiodischer Signale - Abtastung und Unterabtastung - Varianz und systematischer Fehler durch überlagertes Rauschen und unbekannte Phasen (für komplexe Fourierkoeffizienten und für Leistungen, Fensterfunktionseinfluss, Rauschbandbreite) - Verteilungsdichten - Dynamikbereich - Fensterfunktionen (Klassifikation und Kennwerte, Cos-Summenfenster, Flat-top-Fenster, Tschebybescheff-Fenster, Periodifizierung und Unterabtastung)

### Medienformen

Tafelbild, interaktiv, Folien, Folienskript. Übungsaufgaben (MATLAB)

### Literatur

K.-D. Kammeyer, K. Kroschel, „Digitale Signalverarbeitung, Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB-Übungen,“ Teubner-Verlag 2006 R. Thomä, „Fensterfunktionen in der DFT-Spektralanalyse,“, Reihe Elektronische Meßtechnik, MEDAV, Uttenreuth 1995, ISBN 3-9804152-0-1, 145 p.

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT  
 Master Ingenieurinformatik 2009  
 Master Ingenieurinformatik 2014  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Elektronische Messtechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 559 Prüfungsnummer: 2100024

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Giovanni Del Galdo

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2112							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 2 1								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Fachkompetenz: Die Hörer sollen in die Lage versetzt werden, die wichtigsten in der Nachrichten- und Informationstechnik angewendeten Messverfahren und Messgerätekonzepte in ihren Grundzügen zu verstehen, ihre Leistungsparameter beurteilen und Messaufgaben lösen zu können. (60 %) Methodenkompetenz: Besonderer Wert wird auf die Methoden zur Analyse von informationstechnischen Signalen und Systemen im Zeit- und Frequenzbereich und auf die Untersuchung des Einflusses von Störungen, linearen und nichtlinearen Verzerrungen gelegt. (20 %) Systemkompetenz: Erläuterung der Messmethoden als allgemeine Prinzipien, die nicht nur auf elektrotechnische Problemstellungen anwendbar sind. (10 %) Sozialkompetenz: Diskussion von Einsatz- und Optimierungsgesichtspunkten messtechnischer Lösungen für Entwicklungs- und Produktionsaufgaben. (10 %)

### Vorkenntnisse

Signal- und Systemtheorie, Elektrotechnik, analoge und digitale Schaltungstechnik

### Inhalt

Einführung, Signale und Störungen, lineare und nichtlineare Verzerrungen; Spannungs-, Leistungs- und Phasenmessung, quadratischer Detektor, phasenempfindlicher Gleichrichter, PLL, Quadraturdemodulator; systematische und zufällige Fehler, Pegel und Dämpfung; Schallpegelmesser, HF-Leistungsmesser; Messung im Zeitbereich, Oszilloskop, Sampling-Oszilloskop-Tastkopf, Bandbreite, Anstiegszeit und Empfindlichkeit; Systemanalyse im Zeitbereich, Impulsreflektometrie, Analyse digital modulierter Signale (Augendiagramm, Zustandsdiagramm) Messung im Frequenzbereich, Spektralanalysator, selektiver Messempfänger (Auflösung, Empfindlichkeit, Verzerrungen, Dynamikbereich, Spiegelfrequenzen, Mehrfachumsetzer), Vektorvoltmeter; Netzwerk- und Systemanalyse im Frequenzbereich, Verzerrungsmessungen, Modulationsanalyse, digitaler Signalanalysator, Abtastung, Digitalisierung und Analoginterface, Messdatenverarbeitung

### Medienformen

Skript

### Literatur

[1] Kreß, D.; Irmer, R.: Angewandte Systemtheorie. Verlag Technik, Berlin (1989) [2] Meyer, G.: Oszilloskope. Hüthig Verlag, Heidelberg (1989) [3] Lange, K.; Löcherer, K.-H.: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. Springer-Verlag, Berlin (1986) [4] Schuon, E.; Wolf, E.: Nachrichtenmeßtechnik. Springer-Verlag, Berlin (1981), (1987) [5] Mäusl, R.; Schlagheck, E.: Meßverfahren in der Nachrichtenübertragungstechnik. Hüthig-Verlag, Heidelberg (1986) [6] Thumm, M.; Wiesbeck, W.; Kern, S.: Hochfrequenzmeßtechnik. Teubner, Stuttgart (1997) [7] Becker; Bonfig; Höring: Handbuch Elektrische Meßtechnik. Hüthig-Verlag, Heidelberg (2000) [8] van Etten, W.: Introduction to Random Signals and Noise. John Wiley, 2005

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008  
 Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
 Bachelor Informatik 2010  
 Bachelor Informatik 2013  
 Bachelor Ingenieurinformatik 2008

Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET



## Messsysteme der Informations- und Kommunikationstechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5170 Prüfungsnummer: 2100177

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Giovanni Del Galdo

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2112

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				3	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Es werden die grundlegenden Messmethoden zur Charakterisierung von Übertragungs- und Kommunikationssystemen betrachtet. Der Student wird damit in die Lage versetzt, selbständig komplexere Aufgabenstellungen zu systematisieren, zu planen und durchzuführen. Durch die Betonung der methodischen Ansätze wird insbesondere die Übertragung von Lösungsstrategien auf verschiedene und auch artfremde Anwendungsfelder geschult.

### Vorkenntnisse

Modul: Elektrotechnik Modul: Grundlagen der IKT Modul: Elektronik und Systemtechnik Signale und Systeme, HF-Technik

### Inhalt

Dozenten: Prof. Reiner Thomä / Prof. Giovanni Del Galdo

#### Messung von Streuparametern für akustische und elektromagnetische Wellen:

- Strom-Spannungs-Parameter
- Wellen und normalisierte Wellen
- Streuparameter, Mason-Graph
- Wellenseparation (Richtkoppler, Zeitisolation, Zwei-Proben-Methode)
- Bestimmung von Mehrtor-Parametern
- Zufällige Fehler
- Systematische Fehler und deren Korrektur

#### Signalquellen:

- Frequenzsynthese
- Breitband VCO
- Impulsquellen
- Parameter von Signalquellen

#### Architektur von Breitbandempfängern:

- Hilbert-Transformation
- Reale und komplexe Mischung
- Direkte Frequenzumsetzung
- Image rejection Mischer
- Empfängerarchitektur mit niedriger Zwischenfrequenz

#### Korrelation und Systemidentifikation:

- Lineare und zeitinvariante Systeme
- Rauschen am Eingang und/oder Ausgang
- Schätzung der Übertragungsfunktion
- Aufbau von Korrelatoren im Zeitbereich (sliding correlator)
- Korrelatoren für den Frequenzbereich
- Anregung mit zufälligen und periodischen Signalen
- Entwurf von Multi-Trägersignalen
- Intermodulation, Kompression, Nachbarkanalstörung
- Rauschklimm-messung
- Realitätsnahe Messung der nichtlinearen Verzerrung

#### Messung der Wellenausbreitung für den Mobilfunk:

- Zeitvariante Multipfad-Ausbreitung
- Breitband-MIMO-Channel-Sounder
- Laufzeit-Doppler-Schätzung
- Antennenarrays
- Mehrdimensionale Parameterschätzung hoher Auflösung
- Messwertbasierte Übertragungspegelsimulation
- Charakterisierung des Übertragungskanals

#### Medienformen

Interaktives Tafelbild, PowerPoint-Folien, Übungen mit praktischen Vorführungen und Demonstrationen

#### Literatur

R. Pintelon, J. Schoukens, "System Identifikation – A Frequency Domain Approach," IEEE Press, Piscataway, NJ, 2001 R.S. Thomä, M. Landmann, A. Richter, U. Trautwein, "Multidimensional High-Resolution Channel Sounding," in T. Kaiser et. al. (Ed.), Smart Antennas in Europe – State-of-the-Art, EURASIP Book Series on SP&C, Vol. 3, Hindawi Publishing Corporation, 2005, ISBN 977-5945-09-7 A. F. Molisch, "Wireless Communications," John Wiley & Sons, Chichester, 2005. S. R. Saunders, "Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems," John Wiley & Sons, Chichester, 2001.

#### Detailangaben zum Abschluss

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT  
Master Ingenieurinformatik 2009  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Mobile Communications

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 5176 Prüfungsnummer: 2100144

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2111

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				3	1	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Vermittlung von vertiefenden Kenntnissen auf dem Gebiet der Mobilkommunikation. Sicherer Umgang mit Matlab/Octave zur Lösung komplexer Aufgaben.

### Vorkenntnisse

Bachelorabschluß

### Inhalt

- 1 Introduction
  - + Overview of mobile communication standards and applications (1G - 5G)
  - + 5G Vision and Requirements
  - + The Wireless Channel
    - Path loss
    - Shadowing
    - Fast fading
- 2 Mobile Communication Channels
  - + Review: Representation of Bandpass Signals and Systems
  - 2.1 Propagation Modelling
    - + Time variance (Doppler)
    - + Time-varying multipath channels
      - Transmission functions of the time-varying channel (1st set of Bello functions)
      - 4 ways to calculate the received signals
      - Identification of linear time-varying (LTV) systems
  - 2.2 Statistical Characterization of Multipath Channels
    - + Rayleigh channel (fading)
    - + Rician channel
    - + Channel Correlation Functions and Power Spectra of Fading Multipath Channels
      - Time-variations of the channel
      - Characterization of a WSSUS channel (2nd set of Bello functions)
  - 2.3 The effect of signal characteristics on the choice of a channel model
    - + Frequency non-selective channels
    - + Frequency selective channels
      - Truncated tapped delay line model of a frequency selective channel
  - 2.4 Space-Time Channel and Signal Models
    - + Generalization of the time-varying channel impulse response
      - First set of Bello functions extended to the spatial domain
      - Example: specular L paths model (continued)
    - + Homogeneous channels (WSSUS-HO model)
      - + Correlation functions and power spectra extended to the spatial domain
        - Second set of Bello functions extended to the spatial domain
        - Coherence time, coherence frequency, coherence distance
      - + Transmission functions extended to transmit and receive antenna arrays (MIMO)
        - Definition of the array manifold
    - + Notation for SISO, SIMO, MISO, and MIMO channels
      - Example: L paths model (continued)

- + Classical IID Channel Model
- + Extended MIMO Channel Models
- Spatial fading correlation at the transmit and the receive arrays
- > Review of the eigenvalue decomposition (EVD)
- > General model
- > Kronecker model
- Additional Line-of-Sight (LOS) component
- + Sampled signal model for SISO, SIMO, MISO, and MIMO channels
- 3 Capacity of Space-Time Channels
- 3.1 Differential Entropy and Mutual Information for Continuous Ensembles (review)
- 3.2 Capacity Theorem for the AWGN SISO Case (review)
- 3.3 Capacity of the Flat Fading MIMO channel
- + Differential entropy for CSCG random vectors
- + Choosing  $R_{ss}$  (with and without CSI @ the transmitter)
- Singular Value Decomposition (SVD)
- Special case: uncorrelated Rayleigh fading and  $M_t$  very large
- + Parallel Spatial Sub-Channels
- Design of the precoder and the decoder for MIMO systems with CSI at the transmitter
- Optimum power allocation (waterpouring algorithm) with CSI at the transmitter
- + SIMO Channel Capacity
- + MISO Channel Capacity
- + Capacity of Random MIMO Channels
- Ergodic vs. non-ergodic channels
- Ergodic capacity
- > Examples, e.g., Rice, correlation
- Outage capacity
- 3.4 Capacity of the Frequency Selective MIMO channel
- + Space-Frequency Waterpouring
- 4 Transmission Techniques
- 4.1 Bit error probability
- + Binary signaling over Rayleigh fading channel
- 4.2 Diversity techniques for fading multipath channels
- + Frequency diversity
- + Time diversity
- + Space diversity
- + Post-processing techniques
- Selection combining, equal gain combining, maximum ratio combining, square-law combining
- 4.3 Approximation of the Probability of Symbol Error
- + Fading channel with  $D$ -fold diversity
- + Chernoff bound
- + Coding gain vs. diversity gain
- 5 Space-Time Processing
- 5.1 Receive antenna diversity (SIMO channel): MRC
- 5.2 Transmit antenna diversity
- + MISO channel unknown to the transmitter: Alamouti scheme (1998)
- + MISO channel known to the transmitter: MRT
- + MIMO channel unknown to the transmitter: Alamouti scheme (1998)
- + MIMO channel known to the transmitter: DET
- + Definition of the effective diversity order
- + Summary: Diversity of space-time-frequency selective channels
- 5.3 Space-Time Coding without channel state information (CSI) at the transmitter
- + Space-Time Coding for frequency flat channels
- + Space-Time codeword design criteria
- definition of the pairwise error probability (PEP)
- rank criterion
- determinant criterion
- + Orthogonal Space-Time Block Codes (OSTBCs)
- OSTBCs for real-valued constellations
- OSTBCs for complex-valued constellations
- + Spatial Multiplexing (SM) as a Space-Time Code
- + Encoder Structures for Spatial Multiplexing (SM)
- horizontal encoding
- vertical encoding
- diagonal encoding (D-BLAST transmission)
- 5.4 Gains achievable with smart antennas
- + Array Gain

- + Diversity Gain
- + Spatial Multiplexing Gain
- + Interference Reduction Gain
- frequency reuse and cluster sizes
- 5.5 Multi-User MIMO Systems
- + Block Diagonalization
- 5.6 Multiple access schemes
- + OFDM
- + Single carrier vs. OFDM vs. spread spectrum

## Medienformen

- Moodle course
- Skript, Overheadprojektor, Beamer

## Literatur

- A. Goldsmith, Wireless Communications. Cambridge University Press, 2005.
- C. E. Shannon, A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948.
- G. Strang, Introduction to Linear Algebra. Wellesley - Cambridge Press, Fifth Edition, 2016.
- G. Strang, Linear Algebra and Its Applications. Thomson Brooks/Cole Cengage learning, 2006.
- A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- A. Hottinen, O. Tirkkonen, and R. Wichman, Multi-antennas Transceiver Techniques for 3G and Beyond. Wiley, 2003.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications. Pearson Education, Inc., 2005.
- F. Jondral and A. Wiesler, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse für Ingenieure. Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig, 2000.
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. McGraw-Hill, 2nd edition, 1984.
- T. S. Rappaport, Wireless Communications. Prentice Hall, 1996.
- J. Proakis, Digital Communications. McGraw-Hill, 4th edition, 2001.
- G. L. Stüber, Mobile Communication. Kluwer Academic Publishers, 2nd edition, 2001.
- R. Steele and L. Hanzo, eds., Mobile Radio Communications. Wiley, 2nd edition, 1999.
- S. Saunders, Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems. Wiley, 1999.
- A. Graham, Kronecker Products and Matrix Calculus with Applications. Halsted Press, 1981.
- E. G. Larson, P. Stoica, and G. Ganesan, Space-Time Block Coding for Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- H. Bölcskei, D. Gesbert, C. B. Papadias, and A.-J. van der Veen, eds., Space-Time Wireless Systems From Array Processing to MIMO Communications. Cambridge University Press, 2006.
- E. Biglieri, R. Calderbank, A. Constantinides, A. Goldsmith, A. Paulraj, and H. V. Poor, MIMO Wireless Communications. Cambridge University Press, 2007.
- C. Oestges and B. Clerckx, MIMO wireless communications. Academic Press, 1 ed., 2007.
- Q. H. Spencer, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "Zero-forcing methods for downlink spatial multiplexing in multi-user MIMO channels," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 52, pp. 461-471, Feb. 2004, received the 2009 Best Paper Award of the IEEE Signal Processing Society.
- Q. H. Spencer, C. B. Peel, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "An introduction to the multi-user MIMO downlink," IEEE Communications Magazine, pp. 60-67, Oct. 2004, special issue on MIMO Systems.

## Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Ingenieurinformatik 2009  
 Master Ingenieurinformatik 2014  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2013 Vertiefung AM  
 Master Medientechnologie 2009  
 Master Medientechnologie 2013  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET



## Nachrichtentechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 1388 Prüfungsnummer: 2100023

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2111

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

In der Vorlesung "Informationstechnik" wurde den Studierenden wichtiges Basiswissen über diskrete Modulationsverfahren sowie informationstheoretische Aspekte der Nachrichtenübertragung vermittelt. Die vorliegende Vorlesung vervollständigt zunächst die Kenntnisse der Studierenden über die realisierungstechnischen Grenzen der Nachrichtenübertragung, indem kontinuierliche Kanäle und Quellen informationstheoretisch betrachtet werden. Im Anschluss wird den Studierenden der sichere Umgang mit stochastischen Prozessen im Kontext mit dem Übertragungssystem vermittelt. Die Studierenden lernen vollständiger Beschreibungsmöglichkeiten nicht-determinierter Stör- bzw. Nutzsignale kennen, können den Einfluss des Systems auf diese Signale untersuchen und Systemarchitekturen angeben, die auf unterschiedliche Störeinflüsse im Sinne bestimmter Gütekriterien (wie das Signal-Rauschverhältnis) optimal angepasst sind. Das vermittelte Wissen auf dem Gebiet der statistischen Signalbeschreibung bildet die Grundlage für die Betrachtung von Vielfachzugriffssystemen auf der Basis von Spreiz- und Mehrträgerverfahren. Die Studierenden lernen das Grundprinzip der Verfahren sowohl bei Eigeninterferenzen (z.B. durch Mehrwegeausbreitung) oder durch Multiuser-Interferenzen kennen und verstehen.

### Vorkenntnisse

Pflichtfächer in den Semestern 1 bis 4

### Inhalt

Die vor Kapitel 6 liegenden Inhalte werden im Fach Informationstechnik behandelt.

- 6. Informationstheorie
  - 6.1 Informationsgehalt und Entropie
  - 6.2 Shannon'sches Quellencodierungstheorem
  - 6.3 Datenkompression
  - 6.4 Diskreter Kanal ohne Gedächtnis
  - 6.5 Transinformation
  - 6.6 Kanalkapazität
  - 6.7 Shannon'sches Kanalcodierungstheorem
  - 6.8 Differentielle Entropie und Transinformation für kontinuierliche Quellen
  - 6.9 Informationstheoretisches Kapazitätstheorem
 => Realisierungsgrenzen beim Systementwurf
- 7. Stochastische Prozesse
  - 7.1 Scharmittelwerte (Wdh.)
  - 7.2 Zeitmittelwerte (Wdh.)
  - 7.3 Zeitmittelwerte von deterministischen Signalen
    - 7.3.1 Autokorrelationsfunktion periodischer Zeitfunktionen
    - 7.3.2 Autokorrelationsfunktion aperiodischer deterministischer Zeitfunktionen (Energiesignale)
  - 7.4 Fouriertransformierte (Spektralfunktion) der AKF (Wdh.)
    - 7.4.1 Spektrale Energiedichte
    - 7.4.2 Spektrale Leistungsdichte
  - 7.5 Kreuzkorrelationsfunktionen und zugehörige Spektralfunktionen
  - 7.6 Abgetastete stochastische Vorgänge
- 8. Stochastische Signale und lineare zeitinvariante Systeme
  - 8.1 Statistische Eigenschaften des Ausgangssignals
 => Linearer Mittelwert des Ausgangssignals

- => AKF des Ausgangssignals
- => Spektrale Leistungsdichte des Ausgangssignals
- => Mittlere Leistung des Ausgangssignals (Berechnung im Frequenz- und Korrelationsbereich)
- 8.2 KKF zwischen Eingangs- und Ausgangssignal
- => Anwendung: Ermittlung der Gewichtsfunktion eines LTI-Systems
- => Messung an einem System das durch additives Rauschen gestört ist
- => Vergleich: Sinusmesstechnik - Korrelationsmesstechnik
- 9. Komplexe Signale und Systeme
- 9.1 Darstellung reeller Bandpasssignale im Basisband (Wdh.)
- 9.2 Komplexwertige Systeme (Wdh.)
- 9.3 Komplexwertige stochastische Prozesse
- 9.4 Basisbanddarstellung stochastischer Bandpasssignale
- 9.5 Spektrale Leistungsdichte linear modulierter Signale
- 10. Nachrichtenübertragung über Kanäle mit additiven Rauschstörungen
- 10.1 Signalangepasste Filterung (Matched Filter)
- => Kosinus-Roll-Off-Filter
- => Beziehung zwischen dem Matched Filter und dem Korrelationsempfänger
- => Beispiel: QPSK im komplexen Tiefpassbereich
- => Signalangepasstes Filter für farbiges Rauschen

- 11. Vielfachzugriffsverfahren
- 11.1 TDMA, FDMA
- 11.2 Code Divison Multiple Access (CDMA)
- => Spreizung bei DS-CDMA
- => Einfluß von Interferenz
- => Spreizcodes
- => Interferenz durch Vielfachzugriff
- => Mehrwegeausbreitung
- => RAKE Empfänger
- 11.3 OFDM

## Medienformen

- Moodle Kurs
- Entwicklung auf Präsenzer und Präsentation von Begleitfolien über Videoprojektor. Folienscript und Aufgabensammlung im Copy-Shop oder online erhältlich Literaturhinweise online

## Literatur

- C. E. Shannon, "A mathematical theory of communication," Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948.
- D. Kreß and D. Irmer, Angewandte Systemtheorie. Oldenbourg Verlag, München und Wien, 1990.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- F. Jondral and A. Wiesler, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse für Ingenieure. Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig, 2000.
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. McGraw-Hill, 2nd edition, 1984.
- A. Fettweis, Elemente nachrichtentechnischer Systeme. Teubner Verlag, 2. Auflage, Stuttgart/Leipzig, 1996.
- J. R. Ohm and H. D. Lüke, Signalübertragung. Springer Verlag, 8. Auflage, 2002.
- J. G. Proakis and M. Salehi, Grundlagen der Kommunikationstechnik. Pearson Education Deutschland GmbH, 2004.
- K.-D. Kammeyer, Nachrichtenübertragung. Teubner Verlag, 3 ed., 2004.



- I. A. Glover and P. M. Grant, Digital Communications. Person Prentice Hall, 1 ed.

#### Detailangaben zum Abschluss

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008  
Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2008  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Bachelor Medientechnologie 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Adaptive and Array Signal Processing

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5848 Prüfungsnummer: 2100218

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2111

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							3	1	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

The fundamental concepts of adaptive filters and array signal processing are developed in class. The students understand the relationships between temporal and spatial filters, as well as the principle of high-resolution parameter estimation, and they are able to adapt their knowledge to other scientific disciplines. The students are able to develop or improve algorithms and to evaluate their performance in an analytical manner or by simulations. Furthermore, the students are enabled to read and understand current research publications in the areas of adaptive filters and array signal processing and they can use these concepts and results for their own research.

### Vorkenntnisse

Bachelor

### Inhalt

- 1 Introduction
  - Adaptive Filters
  - Single channel adaptive equalization (temporal filter)
  - Multi channel adaptive beamforming (spatial filter)
  
- 2 Mathematical Background
  - 2.1 Calculus
    - Gradients
    - Differentiation with respect to a complex vector
    - Quadratic optimization with linear constraints (method of Lagrangian multipliers)
  - 2.2 Stochastic processes
    - Stationary processes
    - Time averages
    - Ergodic processes
    - Correlation matrices
  - 2.3 Linear algebra
    - Eigenvalue decomposition
    - Eigenfilter
    - Linear system of equations
    - Four fundamental subspaces
    - Singular value decomposition
    - Generalized inverse of a matrix
    - Projections
    - Low rank modeling
  
- 3 Adaptive Filters
  - 3.1 Linear Optimum Filtering (Wiener Filters)
    - Principle of Orthogonality
    - Wiener-Hopf equations
    - Error-performance surface
    - MMSE (minimum mean-squared error)
    - Canonical form of the error-performance surface
    - MMSE filtering in case of linear Models

### 3.2 Linearly Constrained Minimum Variance Filter

- LCMV beamformer
- Minimum Variance Distortionless Response (MVDR) spectrum: Capon's method
- LCMV beamforming with multiple linear constraints

### 3.3 Generalized Sidelobe Canceler

### 3.4 Iterative Solution of the Normal Equations

- Steepest descent algorithm
- Stability of the algorithm
- Optimization of the step-size

### 3.5 Least Mean Square (LMS) Algorithm

### 3.6 Recursive Least Squares (RLS) Algorithm

## 4 High-Resolution Parameter Estimation

- Data model (DOA estimation)
- Eigendecomposition of the spatial correlation matrix at the receive array
- Subspace estimates
- Estimation of the model order

### 4.1 Spectral MUSIC

- DOA estimation
- Example: uniform linear array (ULA)
- Root-MUSIC for ULAs
- Periodogram
- MVDR spatial spectrum estimation (review)

### 4.2 Standard ESPRIT

- Selection matrices
- Shift invariance property

### 4.3 Signal Reconstruction

- LS solution
- MVDR / BLUE solution
- Wiener solution (MMSE solution)
- Antenna patterns

### 4.4 Spatial smoothing

### 4.5 Forward-backward averaging

### 4.6 Real-valued subspace estimation

### 4.7 1-D Unitary ESPRIT

- Reliability test
- Applications in Audio Coding

### 4.8 Multidimensional Extensions

- 2-D MUSIC
- 2-D Unitary ESPRIT
- R-D Unitary ESPRIT

### 4.9 Multidimensional Real-Time Channel Sounding

### 4.10 Direction of Arrival Estimation with Hexagonal ESPAR Arrays

## 5 Tensor-Based Signal Processing

### 5.1 Introduction and Motivation

### 5.2 Fundamental Concepts of Tensor Algebra

### 5.3 Elementary Tensor Decompositions

- Higher Order SVD (HOSVD)
- CANDECOMP / PARAFAC (CP) Decomposition

### 5.4 Tensors in Selected Signal Processing Applications

## 6 Maximum Likelihood Estimators

### 6.1 Maximum Likelihood Principle

### 6.2 The Fisher Information Matrix and the Cramer Rao Lower Bound (CRLB)

- Efficiency
- CRLB for 1-D direction finding applications
- Asymptotic CRLB

## Medienformen

- Moodle course
- Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

## Literatur

- T. Kaiser, A. Bourdoux, H. Boche, Smart Antennas State of The Art. Hindawi Publishing Corporation, 2005.

- A. H. Sayed, Fundamentals of Adaptive Filtering. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2003.
- T. K. Moon and W. C. Stirling, Mathematical Methods and Algorithms for Signal Processing. Prentice-Hall, 2000.
- S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications. Pearson Education, Inc., 2005.
- S. Haykin, Adaptive Filter Theory. Prentice-Hall, 4th edition, 2002.
- A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- H. L. V. Trees, Optimum Array Processing. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2002.
- M. Haardt, Efficient One-, Two-, and Multidimensional High-Resolution Array Signal Processing. Shaker Verlag GmbH, 1996, ISBN: 978-3-8265-2220-8.
- G. Strang, Linear Algebra and Its Applications. Thomson Brooks/Cole Cengage learning.
- G. Strang, Introduction to Linear Algebra. Wellesley - Cambridge Press, Fifth Edition.
- L. L. Scharf, Statistical Signal Processing. Addison-Wesley Publishing Co., 1991.
- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing, Estimation Theory. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1993.
- M. Haardt, M. Pesavento, F. Roemer, and M. N. El Korso, Subspace methods and exploitation of special array structures. in Academic Press Library in Signal Processing: Volume 3 - Array and Statistical Signal Processing (A. M. Zoubir, M. Viberg, R. Chellappa, and S. Theodoridis, eds.), vol. 3, pp. 651 - 717, Elsevier Ltd., 2014, Chapter 15, ISBN 978-0-12-411597-2 ISBN: 978-3-8265-2220-8.

#### Detailangaben zum Abschluss

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Communications and Signal Processing 2008  
 Master Communications and Signal Processing 2013  
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Digitale Messdatenverarbeitung 2

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5181 Prüfungsnummer: 2100175

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Giovanni Del Galdo

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2112

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sollen Prinzipien, Methoden und besonders die Signalverarbeitung grundlegend für Bereiche der UWB-Radar-Sensorik und Funknavigation kennenlernen. Sie sind in der Lage, komplexe algorithmische Konzepte für die Signal- und Systemanalyse zu konzipieren und zu implementieren. Die Hauptthemen decken folgende Schwerpunkte ab: Systemkonzepte der Funknavigation und UWB-Radar-Sensorik, Methoden der terrestrischen und satellitengestützten Funknavigation, Lösungsansätze der Lokalisierungsalgorithmen, Detektion von Personen, Radarabbildung von Ausbreitungsmedien, Fehlerfortpflanzung, Anwendungen der Taylor-Reihe in Lokalisierungsaufgaben, Tracking mit Hilfe von Kalman-Filter usw.

### Vorkenntnisse

Signale und Systeme

### Inhalt

siehe Lernergebnisse / erworbene Kompetenzen

### Medienformen

Tafelbild, interaktiv, Folien, Folienskript

### Literatur

- K.-D. Kammeyer, K. Kroschel, "Digitale Signalverarbeitung, Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB-Übungen," Teubner-Verlag 2006
- D. Kaplan, "Understanding GPS, Principles and Applications," Artech House Publishers, 1996
- P. Mitra, P. Enge, Global Positioning System, Signals, Measurement, and Performance," Ganga-Jamuna Press, 2001
- B. Hofmann-Wellenhof u.a. "Navigation, Principles of Positioning and Guidance," Springer, 2003
- D. J. Daniels, Ground penetrating radar, 2nd ed. London: Institution of Electrical Engineers, 2004
- H. M. Jol, Ground Penetrating Radar: Theory and Applications: Elsevier, 2009
- M. G. Amin, Through-The-Wall Radar Imaging: CRC Press, 2011
- L. Y. Astanin and A. A. Kostylev, Ultrawideband radar measurements analysis and processing. London, UK: The Institution of Electrical Engineers, 1997
- M. Kummer, Grundlagen der Mikrowellentechnik. Berlin: VEB Verlag Technik Berlin, 1989
- H. Arslan, Z. N. Chen, and M.-G. Di Benedetto, Ultra Wideband Wireless Communication John Wiley & Sons, 2006
- J. Sachs, Handbook of Ultra-Wideband Short-Range Sensing - Theory, Sensors, Applications. Berlin: Wiley-VCH, 2012
- R. Zetik, UWB sensors for surveillance applications in emergency and security situations, Habilitation treatise, Ilmenau, Germany, July, 2014, online available at: [www.researchgate.net/profile/Rudolf\\_Zetik/publication/308791623\\_UWB\\_sensors\\_for\\_surveillance\\_applications\\_in\\_emergency\\_and\\_security\\_situations/links/57f2023608ae8da3ce4ec691/UWB-sensors-for-surveillance-applications-in-emergency-and-security-situations.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Rudolf_Zetik/publication/308791623_UWB_sensors_for_surveillance_applications_in_emergency_and_security_situations/links/57f2023608ae8da3ce4ec691/UWB-sensors-for-surveillance-applications-in-emergency-and-security-situations.pdf)

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT

Master Ingenieurinformatik 2009

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Digitale Signalverarbeitung 1

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: deutsch      Pflichtkennz.: Wahlmodul      Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100253      Prüfungsnummer: 2100402

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Giovanni Del Galdo

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik      Fachgebiet: 2112

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	1																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sollen die grundlegenden Methoden und Algorithmen der digitalen Signalverarbeitung kennenlernen. Schwerpunkte: Signalabtastung/-rekonstruktion; analoge und diskrete Transformationen (LT, DFT, DTFT, ZT, CWT, DWT, STFT); multirate Signale (Interpolation inkl. Splines, Decimation); digitale Filter; Schätzung der PSD.

### Vorkenntnisse

Höhere Mathematik; Signale und Systeme 1

### Inhalt

siehe Lernergebnisse / erworbene Kompetenzen

### Medienformen

Präsenzstudium (Vorlesung und Seminar mit Tafelanschrieb), zahlreiche Matlab-Skripte zur Selbststudienunterstützung

### Literatur

Proakis, Manolakis, "Digital Signal Processing 4th Edition", TBS, 2006

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013
- Bachelor Ingenieurinformatik 2013
- Master Optische Systemtechnik/Optronik 2014
- Master Optische Systemtechnik/Optronik 2017
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Funksysteme

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min                      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch    Pflichtkennz.: Wahlmodul                      Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5175    Prüfungsnummer: 2100176

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Matthias Hein

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2113

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
							3	1	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden verstehen grundlegende Phänomene und Systeme der Funktechnik. Sie wenden diese Grundkenntnisse auf den Einsatz typischer und den Entwurf anwendungsspezifischer Funksysteme an. Die Studierenden klassifizieren und vergleichen die für verschiedene Frequenzbereiche relevanten Ausbreitungsbedingungen drahtloser Übertragungssysteme. Sie bewerten deren Auswirkungen auf die systembezogene Konzeption von Funksystemen und Übertragungsverfahren. Die Studierenden erkennen darüber hinaus fachübergreifende Zusammenhänge funktechnischer Systeme mit Antennen, Schaltungen und Bausteinen der HF- und Mikrowellentechnik, sowie der Nachrichtentechnik und vermögen diese anwendungsspezifisch zu bewerten.

Fachkompetenzen: Natur- und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen, frühzeitige Einbindung von Entwicklungstendenzen, neueste Techniken und Methoden, Einbindung des angewandten Grundlagenwissens der Informationsverarbeitung.

Methodenkompetenz: Systematisches Erschließen und Nutzen des Fachwissens und Dokumentation von Arbeitsergebnissen; Modellbildung, Planung, Simulation und Bewertung komplexer Systeme.

Systemkompetenzen: Überblickwissen über angrenzende Fachgebiete, die für die Gestaltung von Systemen wichtig sind, fachübergreifendes, systemorientiertes Denken.

Sozialkompetenzen: Kommunikation, Teamwork, Präsentation; Erkennen und Analyse gesellsch. Bedürfnisse, Schnittstellen techn. Problemstellungen zur Gesellschaft.

### Vorkenntnisse

Allgemeine Elektrotechnik, Grundlagen der Schaltungstechnik und der Hochfrequenztechnik, elektromagnetische Wellen

### Inhalt

#### Teil I - Wellenausbreitung

- I1. Einführung: Inhalt, Motivation, Frequenzbereichszuordnung, Grundlagen
- I2. Freiraumausbreitung und Bodenwellen: Ausbreitung in unbegrenzten verlustlosen und homogen verlustbehafteten Medien, Ausbreitung an der Grenzfläche zweier Medien (Erde-Luft)
- I3. Wellenausbreitung in der Atmosphäre: Schichtstruktur der Ionosphäre, Wellenausbreitung, Echolotung, troposphärische Brechung, Streuung und Absorption
- I4. Ausbreitung ultrakurzer Wellen: Kirchhoff'sche Beugung, Hindernisse, Reflexion, Mehrwegeausbreitung

#### Teil II - Systeme der Funktechnik

- II1. Grundkonzeption von Funkempfängern: Geradeempfänger, Heterodynempfänger, Zero-IF-Konzept, Empfänger Kennwerte
- II.2. Mischerschaltungen: Eintakt-, Gegentakt- und Ringmischer, Gilbertzelle
- II.3. Technische Antennenausführung: Stabantennen, Kompaktantennen; Symmetrierglieder mit Ferriten und Leitungen
- II.4. Grundlagen der Satellitenfunktechnik: Technik von geostationären und LEO-Satelliten
- II.5. Informationsübertragung mit Richtfunk: Systemkonzept, Beispiel
- II.6. Grundlagen der Radioastronomie: Natürliche Strahlungsquellen, Beobachtungsmöglichkeiten

### Medienformen

Tafelbild, interaktive Entwicklung der Stoffinhalte  
 Illustrationen zur Vorlesung (in elektronischer Form verfügbar)  
 Hinweise zur persönlichen Vertiefung



#### Literatur

K.D. Becker, „Ausbreitung elektromagnetischer Wellen“, Springer, 1974.

P. Beckmann, „Die Ausbreitung der ultrakurzen Wellen“, Akad. Verlagsgesellschaft Geest und Pontig, Leipzig 1963.

V.L. Ginsburg, „The propagation of electromagnetic waves in plasmas“, Pergamon Press, 1970.

J. Großkopf, „Wellenausbreitung“, BI Hochschultaschenbücher, Bd. 141/141a, Mannheim 1970.

G. Klawitter: „Langwellen- und Längstwellenfunk“, Siebel-Verlag Meckenheim 1991.

T.S.M. Maclean and Z. Wu, „Radiowave propagation over ground“, Chapman and Hall, 1993.

N. Geng und W. Wiesbeck, „Planungsmethoden für die Mobilkommunikation: Funknetzplanung unter realen physikalischen Ausbreitungsbedingungen“, Springer 1998.

Meinke/Gundlach, „Taschenbuch der Hochfrequenztechnik“, Band 1: Grundlagen, Kapitel B, H; Springer Verlag, 1992.

Zinke, Brunwig: Hochfrequenztechnik 1 und 2, Springer-Verlag 1992

#### Detailangaben zum Abschluss

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT

Master Ingenieurinformatik 2009

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Modul: HauptseminarIT/Telekommunikation (1 aus 2)

Modulnummer: 100808

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden müssen sich mit einem aktuellen Thema aus dem Bereich der Elektrotechnik und Informationstechnik auseinandersetzen, indem sie hierzu Literatur recherchieren, der recherchierten Stoff zusammenfassen und ihn in als Vortrag präsentieren.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundlagenausbildung Elektrotechnik / Informationstechnik

### Detailangaben zum Abschluss

## Hauptseminar Kommunikationsnetze

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch und Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 6447 Prüfungsnummer: 2100232

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jochen Seitz

Leistungspunkte: 4	Workload (h): 120	Anteil Selbststudium (h): 98	SWS: 2.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik		Fachgebiet: 2115	

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							0	2	0																					

**Lernergebnisse / Kompetenzen**

Die Studierenden erweitern das von ihnen erworbene Grundwissen aus dem Bereich "Kommunikationsnetze" durch aktuelle und zukunftsorientierte Themen. Einerseits können sie sich so spezielles Wissen erwerben, wobei wirtschaftswissenschaftliche Aspekte berücksichtigt werden sollen. Andererseits sind sie in der Lage, sich ein neues Thema zu erarbeiten, zusammenzufassen und anderen Kommilitonen zu präsentieren. Darüber hinaus bekommen sie von ihren Kommilitonen ebenfalls aktuelle Themenstellungen präsentiert, die ihr Wissen weiter vertieft und sie so auf eine spätere Tätigkeit im IT-Umfeld vorbereitet.

**Vorkenntnisse**

empfehlenswert ist der Besuch der Vorlesung "Die Internet-Protokollwelt"

**Inhalt**

Das Hauptseminar vertieft aktuelle Entwicklungen aus dem Bereich der Kommunikationsnetze. Jedes Semester werden neue Themenstellungen ausgearbeitet und an die Studierenden verteilt, die selbständig die Themen erarbeiten, eine Zusammenfassung erstellen und das Erarbeitete in einem Vortrag präsentieren müssen. Beispiele für zu behandelnde Themen sind: - Telekommunikationsdienste - Konvergenz der Kommunikationsnetze - Kommunikationsprotokolle für neue Anwendungsbereiche - Kontextsensitive Telekommunikation - Mobilkommunikationsdienste - Management von Kommunikationsnetzen und -diensten

**Medienformen**

Aktuelle Zeitschriften- und Konferenzbeiträge. Inhalte von Web-Seiten. PowerPoint-Präsentationen. Moodle-Link

**Literatur**

Wird in jedem Semester neu gemäß den vergebenen Themenstellungen selektiert.

**Detailangaben zum Abschluss**

Für das Hauptseminar muss eine Seminararbeit (im Umfang von etwa 10 Seiten) angefertigt werden, deren Inhalte abschließend in einem Vortrag präsentiert werden. Die Gesamtnote besteht daher aus der Bewertung der schriftlichen Ausarbeitung (durch zwei Mitarbeiter des Fachgebiets Kommunikationsnetze) und der Note für den Vortrag.

**verwendet in folgenden Studiengängen:**

- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET



## **Modul: Energietechnik(ET-Profil 3: Fächer im Umfang von 20 PL wählen)**

Modulnummer: 6476

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### **Lernergebnisse**

Die Studierenden sind in der Lage energietechnische Fragestellungen einzuordnen, zu verstehen und ihr Wissen auf einfache Problemstellungen anzuwenden. Sie besitzen Basis- und Überblickswissen zur Analyse und Lösung einfacher energietechnischer Fragestellungen, kennen aktuelle Entwicklungstendenzen des Gebietes und kennen Bedürfnisse und den Bedarf an Elektroenergie der Industriegesellschaft unter Berücksichtigung von Umweltaspekten. Ein analytisches und systematisches Denken wird ausgeprägt. Die Arbeitsorganisation zur Lösung von Aufgabenstellungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades sowie die Eigeninitiative zur Erreichung der Lernziele (zusätzliche Literatur usw.) werden ausgeprägt. Teamorientierung und Arbeitsorganisation wird während der Durchführung der Praktika in 3er Gruppen erreicht.

### **Voraussetzungen für die Teilnahme**

Grundlagen der Elektrotechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik, Physik

### **Detailangaben zum Abschluss**

## Elektrische Energiesysteme 1

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ 180 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 1358 Prüfungsnummer: 2100080

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2164

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, elektrotechnische Netze und Betriebsmittel auf der Basis der gelegten physikalischen Grundlagen zu analysieren, zu projektieren und zu bewerten. Die Studierenden sind fähig, Netzkenngößen für verschiedene Betriebsituationen zu berechnen.

### Vorkenntnisse

- ingenieurwissenschaftliches Grundstudium
- Grundlagen der Elektrotechnik, Mathematik

### Inhalt

- technischer Aufbau der elektrischen Energieversorgung in Deutschland und weltweit
- wesentliche betriebliche Einflussgrößen der elektrischen Energieversorgung
- typische Ausprägungen von Sonderformen der elektrischen Energieversorgung, wie Industrienetze, Bahnstromnetze und Gleichstromübertragung
  - grundlegende Methoden der Systemanalyse (Modellbildung, Transformation Bildbereich, Lösung, Rücktransformation) für elektrische Energienetze
    - Berechnungsmodelle für die stationäre Netzberechnung im Normalbetrieb
    - Unterscheidung der Fehlerarten, Berechnungsmodelle für fehlerbehaftete Systeme und Berechnungsverfahren
      - Berechnung der elektrischen Größen Spannung, Strom, Wirk- und Blindleistung in einer gegebenen Netzsituation
      - Analyse wesentlicher Betriebsmittel wie Leitungen, Generatoren und Transformatoren hinsichtlich Betriebsverhalten
      - Bewertung des Einsatzes unterschiedlicher Technologien und Betriebsmitteltypen für Grundformen der elektrischen Energieversorgung

### Medienformen

Textskript, Folien

### Literatur

- [1] Heuck; K.; Dettmann K.-D. : Elektrische Energieversorgung: Vieweg-Verlag Wiesbaden, 2004
- [2] Oswald, B.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze, Springer 2004
- [3] Crastan, V.: Elektrische Energieversorgung 1, Springer, 2000
- [4] Handschin, E.: Elektrische Energieübertragungssysteme, Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH, Heidelberg, 1987, ISBN 3-7785-1401-6
- [5] Kundur: "Power System Control and Stability", Macgraw Hill, 1994

### Detailangaben zum Abschluss

Für WIW-ET gilt: die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer 180-minütigen schriftlichen Klausur sowie einer praktischen Arbeit. Die Prüfung geht mit 80%, die praktische Arbeit mit 20% in die Gesamtbewertung ein. Alle abzulegenden Leistungen des Moduls müssen in einem Semester angetreten werden. Nicht bestandene Leistungen sind in nachfolgenden Semestern zu wiederholen.

Alle anderen Studiengänge schließen das Fach mit der 180-minütigen schriftlichen Klausur ab.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008

Bachelor Informatik 2010  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Master Regenerative Energietechnik 2011  
Master Regenerative Energietechnik 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Lichtbogen und Kontaktphysik (KoLibo)

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache:deutsch Pflichtkennz.:Wahlmodul Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 100745 Prüfungsnummer:2100481

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Leistungspunkte: 5 Workload (h):150 Anteil Selbststudium (h):94 SWS:5.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet:2162

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	1																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, Schaltgerätekonstruktionen zu analysieren, ihre physikalische Wirkungsweise zu verstehen und die verschiedenen technischen Lösungen zu bewerten. Sie sind in der Lage, Lichtbogenlöschsysteme mittels Modellbildung und Simulation zu entwickeln. Das analytische und systematische Denken ist geschult. In den Praktika wird die Teamfähigkeit, Arbeitsorganisation und Präsentationstechnik ausgebildet.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Elektrischen Energietechnik, Elektrotechnische Geräte 1, Elektrotechnische Geräte 2 und Anlagen

### Inhalt

Definitionen: Plasma, Lichtbogen, Schaltlichtbogen; Entstehungsmöglichkeiten von Lichtbögen; Lichtbogenlöschung in Gasen, Flüssigkeiten und Vakuum; Beeinflussung des Lichtbogenverhaltens, Physik elektrischer Kontakte und Kontaktwerkstoffe, Ausführungen von Nieder-, Mittel- und Hochspannungsschaltgeräten

### Medienformen

Foliensatz, Video, Exponate, PC-Animation

Durchführung der Lehrveranstaltung im Sommersemester 2021:

Die Lehrveranstaltung „Lichtbogen- und Kontaktphysik“ wird als Blockveranstaltung zu einem späteren Zeitpunkt im Semester angeboten.

Sollten Sie Interesse an dieser Lehrveranstaltung haben, teilen Sie uns das bitte per e-mail an fg-eet@tu-ilmenau.de mit.

### Literatur

Burkhardt: Schaltgeräte der Elektrotechnik, Verlag Technik, 1985

Lindmayer, M.: Schaltgeräte, Grundlagen, Aufbau, Wirkungsweise, Springer-Verlag, 1987

Boulos, M.; Fauchais, P.; Pfender, E.: Thermal Plasmas, Plenum Press, New York, 1994

Slade, P. G.: Electrical Contacts: Principles and Applications, CRC Press, New York, 2014

Vinaricky, E.: Elektrische Kontakte, Werkstoffe und Anwendungen, 3. Auflage, Springer Verlag, 2016

Holm, R.: Electric Contacts Theory and Applications, 4. Edition, Springer Verlag, 2000

### Detailangaben zum Abschluss

Die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer 60-minütigen schriftlichen Prüfung sowie einem benoteten Praktikum (4 Versuche inkl. Dokumentation). Die schriftliche Prüfung geht mit 2/3, das Praktikum mit 1/3 in die Gesamtbewertung ein.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET



## Antriebssteuerungen

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache:deutsch Pflichtkennz.:Wahlmodul Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 100272 Prüfungsnummer:2100422

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5	Workload (h):150	Anteil Selbststudium (h):105	SWS:4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet:2161							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 1 1								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Befähigung zur Projektierung, Dimensionierung und Umsetzung von analogen und digitalen Steuerungen für elektrische Antriebe
- Die Studierenden sind mit den einsetzbaren leistungselektronischen Stellgliedern zur Antriebssteuerung sowie den möglichen Netzanschlüssen vertraut, können diese gezielt für die gewünschte Anwendung auswählen, dimensionieren und in Betrieb nehmen.
- Sie können die Eigenschaften möglicher Regelverfahren analysieren, deren Eigenschaften simulativ und messtechnisch erfassen, diese bewerten und notwendige Schlussfolgerungen ziehen.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Leistungselektronik  
 Aufbau und Betriebsverhalten elektrischer Maschinen (Gleichstrommotor, Asynchronmotor)

### Inhalt

- das elektrische Antriebssystem als mechanische Energiequelle
- mathematische Behandlung von mechanischen Bewegungsvorgängen in elektrischen Antriebssystemen
- Energieumsatz in elektrischen Antrieben im stationären und im nichtstationären Betrieb
- Möglichkeiten zur Steuerung elektrischer Maschinen (Verfahren, Steuermöglichkeiten) für Gleichstrommaschinen und Induktionsmaschinen
- Drehzahlregelverfahren für die fremderregte Gleichstrommaschine, für bürstenlose Gleichstrommaschine, Drehstromasynchronmaschine und Synchronmaschine
- Speisquellen für Gleichstromantriebe (Gleichstromsteller, Thyristorgleichrichter, Stromrichteraskaden, Direktumrichter) und Drehfeldantriebe (Pulswechselrichter)
- messtechnische Erfassung von Strom, Spannung, Drehzahl
- analoge und digitale Steueralgorithmen für Stellglieder elektrischer Antriebe
- Realisierung der Steuerung elektrischer Antriebe mit Microcontrollern
- Grundlagen zur Nutzung von Windenergie und dem Einsatz von Windkraftanlagen

### Medienformen

- Skript, Arbeitsblätter
- Anschauungsmaterial, Laborversuche

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/enrol/index.php?id=2563>

### Literatur

- Schröder: Elektrische Antriebe 2, Regelung von Antrieben, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1995, ISBN 3-540-57610
- R. Schönefeld: Elektrische Antriebe, Bewegungsanalyse, Drehmomentsteuerung, Bewegungssteuerung, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1995; ISBN 3-540-59213-X

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Einführung in die Hochspannungstechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 60 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache:deutsch Pflichtkennz.:Wahlmodul Turnus:Wintersemester

Fachnummer: 100268 Prüfungsnummer:2100417

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Leistungspunkte: 5 Workload (h):150 Anteil Selbststudium (h):94 SWS:5.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet:2162

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	2	1																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, hochspannungstechnische Vorgänge bei unterschiedlichen Isolierstoffen und Isolierstoffanordnungen bei hohen Feldstärken bzw. Spannungen zu analysieren, physikalische Wirkzusammenhänge zu erfassen und Lösungen zu entwerfen.  
 Sie besitzen Basis- und Überblickswissen zum elektrischen Feld und zur Physik der Entladungsvorgänge. Sie sind in der Lage, dieses Wissen auf konkrete Fragestellungen und Anordnungen der Betriebsmittel anzuwenden. Das analytische und systematische Denken wird geschult.  
 In den Seminaren werden besonders die Initiative, die Teamorientierung und die Arbeitsorganisation herausgebildet und weitere Elemente der Methoden- und Sozialkompetenz geübt und vermittelt.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Elektrotechnik, Elektrische Energietechnik, Werkstoffe der Elektrotechnik

### Inhalt

Ziele und Aufgaben der Hochspannungstechnik, Erzeugung von Hochspannung für Prüfzwecke (Wechselspannung, Gleichspannung, Impulsspannung, Sonderspannungen), Messung von Hochspannungen, Feldermittlungen an Hochspannungseinrichtungen, Entladungsvorgänge in Gasen, Durchschlagprozesse in Isolierflüssigkeiten und festen Isolierstoffen, Isolierungen von Betriebsmitteln (Kabel, Transformatoren, Generatoren), Diagnoseverfahren

### Medienformen

Foliensatz, Video, Exponate, Fachexkursionen

### Literatur

A. Küchler: Hochspannungstechnik, 3. Auflage, VDI Verlag GmbH, 2009  
 E. Kuffel, W. S. Zaengl, J. Kuffel: High Voltage Engineering: Fundamentals Butterworth-Heinemann, 2000  
 Kind: Einführung in die Hochspannungsversuchstechnik, Vieweg Verlagsgesellschaft, 1985  
 Kind: Hochspannungs-Isoliertechnik, Vieweg Verlagsgesellschaft, 1982  
 Hauschild, W.; E. Lemke: High Voltage Test and Measuring Techniques, Springer Verlag, 2014  
 Schufft, W.: Taschenbuch der Elektrischen Energietechnik, Carl Hanser Verlag, 2007

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET



Die alternative Prüfungsleistung besteht aus einer 60-minütigen schriftlichen Prüfung sowie einem benoteten Praktikum (4 Versuche). Die mdl. Prüfung geht mit 2/3, das Praktikum mit 1/3 in die Gesamtbewertung ein.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EWT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Grundlagen des Betriebs und der Analyse elektrischer Energiesysteme (EES 2)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 20 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100269 Prüfungsnummer: 2100418

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2164

SWS nach Fachsemester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- Kenntnis über Kraftwerks- und Lasttypen und deren Beitrag zur Netzregelung
- Aufbau von Leitsystemen
- Aufbau des Europäischen Verbundnetzes inkl. der maßgeblichen Akteure
- Vorgänge die zu Blackouts führen
- maßgeblichen Technologien für Netzregler hinsichtlich Leistungsflussregelung und Spannungsregelung
- Verfahren der Stabilitätsanalyse (Winkel-, Frequenz- und Spannungsstabilität)
- Grundbegriffe der Energiewirtschaft

#### Erwerb von Kompetenzen

- Aufbau eines stationären linearen Netzmodells und Durchführen stationärer Netzberechnungen
- Beschreibung der Aufgaben der Netzbetriebsführung
- Einordnung und Analyse dynamischer Vorgänge im elektrischen Energiesystem
- Bewertung des Leistungs-Frequenzverhaltens in elektr. Energiesystemen und Berechnung wesentlicher Parameter der Netzregelung
- Analyse von Netzstrukturen und Formulierung grundlegender Maßnahmen zur Blackout-Verhinderung
- Durchführung einfacher Stabilitätsuntersuchungen an vorgegebenen Netzstrukturen (unter Anwendung von Winkelkriterium, Flächenkriterium oder Spannungsindikatoren)
- Kenntnis energiewirtschaftlicher Kennzahlen und Durchführung von einfachen Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Netzausbaumaßnahmen (Barwert-, Annuitätenmethode, Return on Investment, Interner Zinsfluss, Kapitalwert)

### Vorkenntnisse

- Grundlagen der Elektrotechnik
- Grundlagen der Energietechnik
- Grundlagen Energiesysteme- und Geräte oder Elektrische Energiesysteme 1

### Inhalt

- Stationäre Netzberechnung – Leistungsflussberechnung
- Netzregelung – Leistungs-Frequenz-Regelung
- Stabilitätsbetrachtungen
- Blackouts in elektrischen Energiesystemen
- Grundbegriffe der Energiewirtschaft

### Medienformen

Folien, Tafelbilder, Arbeitsblätter

### Literatur

- [1] Heuck; K.; Dettmann K.-D. : Elektrische Energieversorgung: Vieweg-Verlag Wiesbaden, 2004
- [2] Oswald, B.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze, Springer 2004
- [3] Crastan, V.: Elektrische Energieversorgung 1, Springer, 2000
- [4] Crastan, V.: Elektrische Energieversorgung 2, Springer, 2004
- [5] Kundur: "Power System Control and Stability", Macgraw Hill, 1994

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
Master Regenerative Energietechnik 2016  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Microcontroller- und Signalprozesstechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5510 Prüfungsnummer: 2100228

Fachverantwortlich: Dr. Jürgen Büttner

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2161

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, Mikrorechner und Signalprozessoren für Steuerungen und leistungselektronische Baugruppen auszuwählen, zu programmieren und in Betrieb zu setzen. Sie können geeignete Prozessoren und die geeigneten Softwaretools auswählen. Sie sind in der Lage, die erforderlichen Schnittstellen zu den Prozessen und für die Kommunikation festzulegen und umzusetzen. Sie sind befähigt, die für die Applikation erforderlichen Verfahren und Algorithmen in Assemblersprache oder in C-Sprache umzusetzen und zu testen. Sie können verschiedene Entwicklungswerkzeuge zur Softwareentwicklung für Mikrocontroller parametrieren und anwenden.

### Vorkenntnisse

Grundlagen zur Programmierung

### Inhalt

Vergleich möglicher processorinterner Hardwarestrukturen Prozessorhardware • CPU, Busstruktur • Speicherorganisation • Befehlssatz • Interruptstruktur • Timer/Counter Units • Capture/Compare Units • AD-Wandler • Pulsbreitenmodulatoren • serielle/parallele Schnittstellen Programmierbeispiele in Assembler und C • Frequenzgenerator als Interruptquelle • periodische, mehrkanalige AD-Wandlung • Drehzahlmessung durch Impulzzählung und Zeitmessung • dreiphasige sinusförmige Pulsbreitenmodulation Arbeitsweise mit Programmierertools • C-Compiler • Assembler • Locator Praktikum mit Programmierertools von Tasking • Projekterstellung • Modulerstellung • Speicherdefinitionen • Programm laden • Visualisierung der Anwenderdaten

### Medienformen

Arbeitsblätter Dokumentation zum eingesetzten Prozessor Dokumentation zu den Programmierertools

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=2565>

### Literatur

Handbuch zu Microcontrollern der Serie c167 von Infineon

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET



## Netzleittechnik und Energiemanagementsysteme (EES3)

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 20 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100730 Prüfungsnummer: 2100473

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2164							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 2 0								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- Architektur und Funktionsweisen von Netzleittechniken
- Leistungsflussanalyse (Newton Raphson, Gauss Seidel, schnell entkoppelte, Gleichstromleistungsfluss Berechnung)
- Sensitivitätsanalyse
- Fehleranalyse
- Netzreduktion
- Optimale Leistungsflussberechnung
- Kommunikationsprotokolle
- Prognose und Vorhersage

#### Erwerb von Kompetenzen

- Leistungsflussberechnungen vermaschter Energiesysteme
- Leistungsflussregelung in großen Systemen
- Durchführung Fehleranalysen

### Vorkenntnisse

- Grundlagen der Energiesysteme und -geräte (EES1 und ETG1)
- Grundlagen Betrieb elektrische Energiesysteme (EES2)

### Inhalt

- Grundlagen Netzleittechniken
- Stationäre Systemanalyse
- Optimierung
- Prognose und Vorhersage

### Medienformen

- Folien
- Tafelbilder
- Aufgabenblätter

### Literatur

- [1] Crastan, V. Elektrische Energieversorgung 2. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2004
- [2] Schwab, A.J.: Elektroenergiesysteme. Springer Verlag (springer.de), 2. Auflage 2009. XXX, ISBN 978-3-540-92226-1
- [3] Kundur, Prabha: Power System Stability and Control, McGraw-Hill, New York, Toronto, ISBN 0-07-045958-X, 1993
- [4] Heuck; K.; Dettmann K.-D. : Elektrische Energieversorgung: Vieweg-Verlag Wiesbaden, 2004
- [5] Oswald, B.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze, Springer 2004

### Detailangaben zum Abschluss

Ab dem Sommersemester 2016 besteht die alternative Prüfungsleistung aus einer 30-minütigen mündlichen Prüfung sowie einem Softwareprojekt. Das Bestehen des Softwareprojektes ist Voraussetzung zur Teilnahme an der mündlichen Prüfung. Die Endnote ergibt sich zu 100 % aus der Note der mündlichen Prüfung.

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Technologie der Schaltgeräte (TNSG)

Fachabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 60 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache:deutsch Pflichtkennz.:Wahlmodul Turnus:Wintersemester

Fachnummer: 100754 Prüfungsnummer:2100490

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Leistungspunkte: 5	Workload (h):150	Anteil Selbststudium (h):105	SWS:4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet:2162							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester			2 2 0							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage schaltgeräterrelevante Konstruktions- und Entwicklungsaufgaben zu analysieren und neue Lösungen zu erarbeiten. Sie können die modernen Methoden der Portfoliotechnik, Computersimulation und Simultaneous Engineering anwenden. Das analytische und kreative Denken ist ausgeprägt. Teamorientierung, Präsentationstechnik und Arbeitsorganisation werden ausgeprägt.

### Vorkenntnisse

Elektrische Energietechnik, Lichtbogen- und Kontaktphysik, Elektrotechnische Geräte 1, Elektrotechnische Geräte und Anlagen 2

### Inhalt

Technologiebetrachtungen zu NS-Schaltgeräten, Technologieentwicklungskurve, Technologieportfolio, Delphi-Studie, Konstruktion und Entwicklung von NS-Schaltgeräten, Schütze, Leistungsschalter, Motorschutzschalter, Definition, Funktionsstruktur, Aufbau, Anwendung, Prüfungen von Schaltgeräten (Lebensdauer, Hochstrom, Erwärmung, Spezialmesstechnik), Computersimulation, Finite Elemente, Magnetfeld, Temperatur, Lichtbogensimulation, Kinematik, Dynamik

### Medienformen

Foliensatz, Video, Exponate, Prospekte, Vorfürungen

### Literatur

Slade, G.: Electrical Contacts, Principles and Application, CRC Press, New York, 2014  
 Vinaricky, E.: Elektrische Kontakte, Werkstoffe und Anwendungen, 3. Auflage, Springer Verlag, 2016  
 Burkhard, G.: Schaltgeräte der Elektroenergietechnik, Verlag Technik Berlin, 1985  
 Lindmayer, M.: Schaltgeräte, Grundlagen, Aufbau, Wirkungsweise, Springer Verlag, 1987  
 Eversheim, W.: Innovationsmanagement für technische Produkte, Springer Verlag, 2003

### Detailangaben zum Abschluss

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Aktive Filter und Leistungsflussregelung in elektrischen Netzen

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5502 Prüfungsnummer: 2100227

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2161

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, die elektrischen Netze und Verbraucher zu analysieren und die richtigen Maßnahmen zur Verbesserung oder Absicherung der Energiequalität des Netzknotenpunktes zu ermitteln und die geeigneten Schaltungen zur Verbesserung der Eigenschaften auszuwählen. Sie können bei Verbrauchern geeignete, netzrückwirkungsarme einphasige und dreiphasige Stromversorgungen einsetzen. Sie sind fähig, bei vorhandenen elektrischen Netzen aktive Filter zu projektieren, auszulegen und in Betrieb zu setzen. Sie sind in der Lage, die Möglichkeiten zur Verbesserung der Energiequalität einzuschätzen und die geeigneten Filtertopologien auszuwählen. Sie können bei Notwendigkeit sehr große Systeme simulieren, diese analysieren, um optimale Strukturen und Parameter zu finden.

### Vorkenntnisse

- Grundlagen der Leistungselektronik - Grundkenntnisse zum Simulationssystem Matlab/Simulink - Stromrichtertechnik

### Inhalt

- Netzzrückwirkung von Gleichrichterschaltungen - Filterkreise am Netzanschlusspunkt - Power Factor Correction (PFC)- Methoden • am einphasigen Netz • am Drehstromnetz - aktive Filter zur Oberschwingungskompensation • Parallelfilter (shunt active Filter) • Reihenfilter (series active Filter) • Hybridfilter (hybrid active Filter) - Energetische Betrachtungen des Zusammenwirkens des leistungselektronischen Stellgliedes mit dem elektrischen Netz - Anforderungen an die Steuerung und Regelung - einsetzbare Komponenten (technische Umsetzung) - Netzausfallerkennung - Simulation des Gesamtsystems - Probleme der elektromagnetischen Verträglichkeit - Leistungselektronische Betriebsmittel zur Erhöhung der Netzstabilität

### Medienformen

Arbeitsblätter, Simulationsmodelle, Rechnerübung, praktische Messungen an Versuchsanlagen, Projektarbeit

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1552>

### Literatur

- Tagungsbände der bekannten internationalen Leistungselektroniktagungen des IEEE - IEEE-Zeitschriften "Transactions on Power Electronics", "Transactions on Industrial Applications"

### Detailangaben zum Abschluss

mündliche Prüfung, 45 Minuten

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Schaltnetzteile / Stromversorgungstechnik

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 5512 Prüfungsnummer: 2100163

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2161

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	1	1																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben verschiedene Topologien der Stromversorgungstechnik verstanden. Sie sind in der Lage, Stromversorgungen für beliebige Anwendungen (spezifische Leistung, Ausgangsspannung, Ausgangsstrom) zu projektieren, zu dimensionieren und besitzen Grundkenntnisse für die praktische Realisierung. Sie können für den geforderten Einsatzfall die geeignetste Grundschaltung auswählen und dimensionieren. Sie sind fähig, analoge und digitale Steuerverfahren einzusetzen und zu parametrieren. Sie sind vertraut mit wichtigen Netzanschlußbedingungen, unter denen die Stromversorgung zuverlässig funktionieren soll. Sie können die Zuverlässigkeit/ Lebensdauer von Schaltnetzteilen durch die Auslegung beeinflussen.

### Vorkenntnisse

- ingenieurwissenschaftliches Grundstudium

### Inhalt

- Grundschaltungen der DC-DC-Stromversorgungstechnik
- Kommutierung am Beispiel leistungselektronischer Grundschaltungen
- Grundlagen der Halbleiterbauelemente für die Schaltnetzteiltechnik
- Grundlagen der passiven Bauelemente
- Grundprinzipien der potentialfreien Energieübertragung (Sperr- und Durchflusswandlerprinzip)
- Prinzipien und Auslegung von Eintransistorschaltungen (Sperrwandler, Durchflusswandler)
- Prinzipien und Auslegung von Brückenschaltungen
- Prinzipien und Auslegung von Power Factor Correction (PFC)-Schaltungen
- Prinzip der hart schaltenden Technik
- Prinzip der Resonanz- und Quasiresonanztechnik
- Verfahren zur Steuerung und Regelung von Schaltnetzteilen
- Simulation (SPICE) von Stromversorgungen
- messtechnische Analyse von Stromversorgungen

### Medienformen

- Präsentationen/ Tafelbilder
- Arbeitsblätter
- Schaltungsdemonstratoren für die praktische Arbeit
- Simulationsmodelle (SPICE)
- praktische Messungen

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3147>

### Literatur

- Maksimovic, D.; Erickson, R.: Fundamentals of Power Electronics
- Billings, K.: Switchmode Power Supply Handbook
- Whittington: Switched Mode Power Supplies: Design and Construction
- Pressman, A.; Billings, K.; Morey, T.: Switching Power Supply Design
- Schröder, D.: Elektrische Antriebe/ Leistungselektron.Schaltungen (4.Aufl.)

### Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EWT

Master Fahrzeugtechnik 2009

Master Fahrzeugtechnik 2014

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET

## Modul: HauptseminarEnergietechnik

Modulnummer: 100808

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden müssen sich mit einem aktuellen Thema aus dem Bereich der Elektrotechnik und Informationstechnik auseinandersetzen, indem sie hierzu Literatur recherchieren, der recherchierten Stoff zusammenfassen und ihn in als Vortrag präsentieren.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Grundlagenausbildung Elektrotechnik / Informationstechnik

### Detailangaben zum Abschluss

## Projektierungsseminar EET

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache:Deutsch Pflichtkennz.:Pflichtmodul Turnus:Wintersemester

Fachnummer: 100496 Prüfungsnummer:2100458

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Leistungspunkte: 4	Workload (h):120	Anteil Selbststudium (h):86	SWS:3.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet:2164

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
							0	3	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Kennenlernen

- Wissenschaftliches Arbeiten

#### Erwerb von Kompetenzen

- Selbstständiges lösen eines speziellen wissenschaftlichen Problems der gewählten Vertiefungsrichtung

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse elektrische Energiesysteme und vertiefende Kenntnisse in der gewählten Vertiefungsrichtung

### Inhalt

Ausgewählt aus aktuellen Forschungsgebieten der gewählten Spezialisierung

### Medienformen

PC

### Literatur

Entsprechend der aktuellen Forschungsschwerpunkte und gewählter Vertiefungsrichtung

### Detailangaben zum Abschluss

Ausgabe von Forschungsthemen erfolgt zu Beginn des Semesters. Erarbeitung eines ca. 15-20 seitigen Beleges. Die Note des Belegs geht zu 2/3, die zugehörige mündliche Prüfung/Verteidigung zu 1/3 in die Modulnote ein.

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung ET





## **Glossar und Abkürzungsverzeichnis:**

LP	Leistungspunkte
SWS	Semesterwochenstunden
FS	Fachsemester
V S P	Angabe verteilt auf Vorlesungen, Seminare, Praktika
N.N.	Nomen nominandum, Platzhalter für eine noch unbekannte Person (wikipedia)
Objektypen lt. Inhaltsverzeichnis	K=Kompetenzfeld; M=Modul; P,L,U= Fach (Prüfung, Lehrveranstaltung, Unit)