

Modulhandbuch

Master

Wirtschaftsingenieurwesen

Studienordnungsversion: 2021

Vertiefung: ET

gültig für das Wintersemester 2021/2022

Erstellt am: 06. Dezember 2021

aus der POS Datenbank der TU Ilmenau

Herausgeber: Der Präsident der Technischen Universität Ilmenau

URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-mhb-25272

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
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
Pflichtbereich Elektrotechnik											FP	15
Electronics Technology 1	2	2	1								PL 90min	5
Elektrotechnische Geräte und Anlagen 1	2	2	0								PL 60min	5
Informationstechnik		2	1	1							PL	5
Wahlbereich Profil 1: Mikroelektronik											FP	20
Entwurf integrierter Systeme	2	1	0								PL 20min	5
Halbleiterbauelemente 1	2	2	0								PL 90min	5
Hauptseminar Elektroniktechnologie		2	2	0							PL 30min	5
Micro and Nano Sensor Technology		2	2	0							PL 90min	5
Mikro- und Halbleitertechnologie 1		2	2	0							PL	5
Neuromorphic Engineering 1		2	2	0							PL 90min	5
Semiconductor Devices 2		2	2	0							PL 90min	5
Bauelemente Simulation und Modellierung			2	2	0						PL 30min	5
Funktionswerkstoffe			2	2	0						PL 90min	5
Materials of Micro and Nanotechnology			2	2	0						PL	5
Micro- and Nano System Technology			2	2	0						PL 30min	5
Nanotechnology			2	2	0						PL 90min	5
Neuromorphic Engineering 2			2	2	0						PL 90min	5
Optoelektronik			2	2	0						PL	5
Praktikum Mikrofabrikation			0	0	4						PL	5
Thin Films and Surfaces			2	2	0						PL 90min	5
Wahlbereich Profil 2: Informationstechnik / Telekommunikation											FP	20
Digitale Signalverarbeitung	2	2	0								PL	5
Funksysteme	3	1	0								PL 30min	5
Antennen		2	1	1							PL 30min	5
Elektronische Messtechnik		2	2	0							PL 30min	5
Messsysteme der Informations- und Kommunikationstechnik		2	2	0							PL 30min	5
Messverfahren und -datenverarbeitung		2	2	0							PL 30min	5
Mobile Communications, Part 1		2	2	0							PL 75min	5
Adaptive and Array Signal Processing, Part 1			2	2	0						PL 75min	5
Die Internet-Protokollwelt			2	1	0						PL	5
Nachrichtentechnik			2	2	0						PL	5
Signale und Systeme 2			2	2	0						PL	5
Wahlbereich Profil 3: Energietechnik											FP	20
EFI 1- Energieforschung und Innovationsmethoden 1: Grundlagen	3	0	0								PL	5
Antriebssteuerungen		2	2	1							PL 45min	5
EFI 2 - Energieforschung und Innovationsmethoden 2: Design Thinking		3	0	0							PL	5
Elektrische Energiesysteme 2 - Systembetrieb		2	2	0							PL 20min	5
Elektrische Energiesysteme 3 - Netzleittechnik und Systemanalyse		2	2	0							PL	5
Elektrotechnische Geräte und Anlagen 2		2	1	1							PL	5
Energieeinsatzoptimierung - Grundlagen		2	2	0							PL 30min	5
Microcontroller- und Signalprozessortechnik 1		2	2	1							PL 45min	5
Aktive Filter und Leistungsflussregelung in elektrischen Netzen			2	2	1						PL 30min	5
Einführung in die Hochspannungstechnik			2	2	0						PL 60min	5

Modul: Electronics Technology 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Pflichtmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200573

Prüfungsnummer: 2100915

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jens Müller

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0																														
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2146																														
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

After the lectures and exercises the students are able to design and analyze printed circuit boards, hybrid circuits and electronic assemblies and can evaluate these regarding their applicability and performance.

They are able to apply their systematic knowledge in electronics technology (e.g. in complex student projects or lab work).

Vorkenntnisse

Basics of electrical engineering and material science

Inhalt

The subject covers basic knowledge regarding product cycle and properties of microelectronic assemblies. It contains the fundamentals of organic circuit boards (PCB), their structuring processes as well as assembly and mounting technologies to achieve a functional electronic system. In addition to these standard processes some alternative technologies will be introduced.

1. Design process and product cycle (from idea to the product)
2. Thermal management in microelectronics
3. Board technologies
 - Overview of available technologies
 - Materials and their properties
 - Additive and subtractive structuring processes
 - Practical work: design of a PCB
4. Microelectronic components
5. Mounting and assembly technologies (soldering, bonding, gluing, dispensing etc.)
6. Design and layout aspects of PCBs (electrical and thermal design)
7. Electromagnetic interference (EMI) and electromagnetic compatibility (EMC)
8. Basics of RF design
9. Hybrid circuit technologies
 - Thick- and Thinfilm technology
 - LTCC technology
10. Basics of component packaging

follow the link in moodle: <https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3678>

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

- . Powerpoint slides (also available as script)
 - . Videos
 - . Writings on the board
 - . Exercises (presented by both students and lecturer)
- Technical requirements for online participation:
 Internet access with 600 kB/s or faster
 Computer / laptop with operable camera and microphone

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Schriftliche Abschlussarbeit (Klausur) in Distanz nach §6a PStO-AB (Take-Home-Exam)

Dauer: 90 Minuten

Technische Voraussetzung: exam-moodle https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Micro- and Nanotechnologies 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Elektrotechnische Geräte und Anlagen 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 60 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Pflichtmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200629 Prüfungsnummer: 2100995

Modulverantwortlich: 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 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

Die Studierenden sind fähig, die elektrotechnischen und physikalischen Grundlagen, die bei Stromfluss und bei hohen Spannungen auftreten, für die Dimensionierung von Betriebsmitteln (Transformator, Kabel, Wandler, Freileitung ...) anzuwenden. Sie können die verschiedenen Betriebsfälle im elektrischen Netz analysieren und Schlussfolgerungen auf die Belastungen der Betriebsmittel und Komponenten ableiten.
 Die Studierenden sind in der Lage, elektrotechnische Netze und Anlagen auf der Basis der gelegten Grundlagen einschließlich der entsprechenden Schutzsystemen zu analysieren, zu projektieren und zu bewerten.
 Mit den in der Vorlesung erworbenen Kenntnissen ist es den Studierenden möglich, interessiert an themenspezifischen Diskussionen sich während der Übung zu beteiligen. Sie können am wissenschaftlichen Diskurs aktiv teilnehmen und an sie gerichtete Fragen schöpferisch beantworten.

Vorkenntnisse

Grundlagen der Elektrotechnik, Elektrische Energietechnik, Grundlagen der Thermodynamik und Mechanik, Grundlagen Werkstoffe der Elektrotechnik

Inhalt

Beanspruchung elektrotechnischer Geräte, thermische Beanspruchung (Joulesche Verluste, Wirbelstromverluste, Koronaverluste, dielektrische Verluste), elektrische Beanspruchung der Isolierung, Feldstärke spezieller Anordnungen, elektrische Festigkeit von Isolierungen, mechanische Beanspruchung durch elektrodynamische Kräfte, Kraftberechnung aus Feldgrößen, Kraftberechnung aus der magnetischen Energie Wärmeleitung, Strahlung, Konvektion bei elektrischen Komponenten
 Nichtstationäre Erwärmung (Betriebsarten, Kurzschluss), Grenztemperatur
 Aufbau typischer Netzformen, Betriebsfälle elektrischer Netze, Betriebsmittel Modelle

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Foliensatz, Exponate, Fachexkursionen

Literatur

Noack, F.: Einführung in die elektrische Energietechnik, Fachbuchverlag Leipzig, 2003
 Herold, G.: Elektrische Energieversorgung, Band 1- 4, Schönbach Fachverlag, 2002
 Philippow, E.: Taschenbuch Elektrotechnik, Band 5, 6, Verlag Technik Berlin, 1982
 Heuck, K.; Dettmann, K.-H.: Elektrische Energieversorgung, Vieweg Verlagsgesellschaft, 2002
 Flosdorff, R.; Hilgarth, G.: Elektrische Energieverteilung, Teubner Verlag, 2003
 Crastan, V.: Elektrische Energieversorgung, Springer Verlag, Berlin, 2004
 Schwab, A. J.: Elektroenergiesysteme, Springer Verlag, 2. Auflage, 2009
 Oswald, B.; Oeding, D.: Elektrische Kraftwerke und Netze, Springer Verlag, 2004

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Modul: Informationstechnik

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Pflichtmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200485

Prüfungsnummer: 210476

Modulverantwortlich: 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	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

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, Methoden zur Übertragung digitaler Signale über kontinuierliche Kanäle zu beschreiben und deren Leistungsfähigkeit anhand von Bandbreite- und Energieeffizienz zu beurteilen. Sie können einen optimalen Empfänger modellhaft konstruieren, dessen Prinzip beschreiben und seine Leistungsfähigkeit beurteilen.

Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls sicher mit den mathematischen Werkzeugen zur Beschreibung stochastischer Vorgänge umgehen, insbesondere können sie die Korrelationstheorie anwenden, Leistungsdichtespektren berechnen und interpretieren.

Nach der Teilnahme an rechnergestützten Praktika können die Studierenden selbstständig stochastische Prozesse numerisch analysieren oder die Leistungseffizienz digitaler Modulationsverfahren analysieren und mit theoretischen Abschätzungen vergleichen.

Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden ihre praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten in Bezug auf die Kommunikationstechnik einschätzen und haben gelernt, in einem Team Verantwortung zu übernehmen.

Vorkenntnisse

Für alle Studiengänge sind Grundlagen der Mathematik und "Signale und Systeme 1" Voraussetzung für diese Veranstaltung.

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 Pakettlängen
- 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 und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Handschriftliche Entwicklung auf Präsenster und Präsentation von Begleitfolien über Videoprojektor Folien-script 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. Schölbach 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

Das Modul Informationstechnik mit der Prüfungsnummer 210476 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- schriftliche Prüfungsleistung über 120 Minuten mit einer Wichtung von 90% (Prüfungsnummer: 2100808)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 10% (Prüfungsnummer: 2100809)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

4 Praktikumsversuche, diese sollen innerhalb des regulären Vorlesungszeitraums vor der schriftlichen Prüfung erbracht werden. (Angebot jeweils im Sommersemester)

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Bachelor Ingenieurinformatik 2021

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

**Modul: Wahlbereich Profil 1: Mikroelektronik(ein Profil auswählen/
20 LP aus dem Wahlkatalog Profil 1: Mikroelektronik)**

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

Modul: Entwurf integrierter Systeme

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

Modulnummer: 200583 Prüfungsnummer: 2100925

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Ralf Sommer

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik		Fachgebiet: 2144	

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 Studierenden sind nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen 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

Die Vorlesung wendet sich an alle Studenten, die die Entwicklung von Hardware als ihr zukünftiges Arbeitsgebiet ansehen.

Der Zeitfaktor wird bei der Entwicklung moderner Geräte zunehmend zur bestimmenden Größe. Daneben müssen zur Lösung von Aufgaben in der heutigen Schaltungs-, System- und Geräteentwicklung immer komplexere Strukturen beherrscht werden. Dazu genügt das Verständnis der Grundelemente und -schaltungen allein nicht mehr. Der Designer sieht sich vielmehr mit der Notwendigkeit des systematischen Ablaufs des Entwurfsprozesses von der Spezifikation auf hohem Abstraktionsniveau bis zur Realisierung unter Nutzung von CAE-Systemen konfrontiert.

Die Vorlesung gibt einen Überblick über die Verfahren und Methoden zum systematischen Entwurf und der Beherrschung komplexer Systeme.

Folgende Schwerpunkte werden gesetzt:

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

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Tafel, Folien, Powerpoint-Präsentation

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB

Dauer: 20 Minuten

Technische Voraussetzung: webex https://intranet.tu-ilmeneau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Bachelor Ingenieurinformatik 2013

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Halbleiterbauelemente 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200670 Prüfungsnummer: 2101050

Modulverantwortlich: 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	V	S	P			
	2	2	0																																	

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen die Prinzipien von Halbleitern und Halbleiterbauelementen verstehen und analysieren.

Vorkenntnisse

Grundlagen der Elektronik

Inhalt

- 1- Physikalische Prinzipien von Halbleitern: Ladungsträgerdichten, grundlegende Drift-Diffusions-Gleichungen, Erzeugungs- und Rekombinationsmechanismen
- 2- Metall-Halbleiterkontakt: Typen, Stromflussmechanismen, Kleinsignal und Schaltverhalten
- 3-p-n-Übergänge: Verarmungsbereich, Stromflussmechanismen, Durchbruch)
- 4- Bauelemente: Solarzellen, Bipolartransistor, MOS-Transistor)

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Tafel + PowerPoint-Präsentation

Literatur

- Simon M. Sze: Physics of Semiconductor Devices, John Wiley & Sons Inc, 2006;
 Michael Shur: Physics of Semiconductor Devices, Prentice Hall 1991;
 Simon M. Sze: Modern Semiconductor Devices, John Wiley & Sons Inc, 1997

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Hauptseminar Elektronentechnologie

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

Modulnummer: 200577 Prüfungsnummer: 2100919

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jens Müller

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2146

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 der Lehrveranstaltung können nach deren Beendigung die Zusammenhänge zwischen Funktion, Technologie, Wirtschaftlichkeit und Umweltaspekten anhand mikroelektronischer Geräte beschreiben. Sie sind dazu fähig, Auswahlkriterien für Gerätekonzepte und Fertigungstechnologien zu erarbeiten und geeignete Aufbau- und Verbindungstechnologien mit Bezug auf die Elektronentechnologie auszuwählen. Nach dem Besuch der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, tendenzielle Entwicklungen im Bereich der Elektronentechnologie zu erklären sowie Einflüsse der technologischen Schaltungsumsetzung auf deren Funktion und Zuverlässigkeit zu prüfen. Sie besitzen die Fähigkeit, der Situation entsprechend angemessen zu handeln und können mit den betreuenden Mitarbeitern eng zusammenarbeiten. Nach Beendigung der Lehrveranstaltung sind sie in der Lage, sich mit Fachexperten über Probleme und deren Lösung auszutauschen.

Vorkenntnisse

Bachelor einer Fachrichtung des Wirtschaftsingenieurwesens bzw. Natur- und Ingenieurwissenschaften, Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Werkstofftechnik.

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 und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB
 Dauer: 30 Minuten
 Technische Voraussetzung: webex https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Micro- and Nano Sensor Technology

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200523 Prüfungsnummer: 2100861

Modulverantwortlich: 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
semester																					
		2	2	0																	

Lernergebnisse / Kompetenzen

After the lectures and the exercises, the students have learned 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 und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

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)
 J. Niebuhr, G. Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren; Vulkan-Verlag GmbH (2011)
 H.-R. Tränkler, E. Obermeier: Sensortechnik Handbuch für Praxis und Wissenschaft; Springer (1998)
 Ulrich Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie: Grundlagen mikroelektronischer Integrationstechnik; Springer (2019)

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013
 Master Micro- and Nanotechnologies 2016
 Master Micro- and Nanotechnologies 2021
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Mikro- und Halbleitertechnologie 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200544

Prüfungsnummer: 2100886

Modulverantwortlich: 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-	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 können nach Abschluss der Lehrveranstaltung, bestehend aus Vorlesung und dazu gehörigen Übungen, die Grundlagen für die Einzelprozesse und den physikalisch materialwissenschaftlichen Hintergrund der Herstellung von Halbleiterbauelementen wiedergeben.

Sie sind in der Lage, integrierte Schaltkreise, Sensor- und Mikrosysteme zu beschreiben.

Nach dem Besuch der Vorlesungen sind die Studierenden in der Lage, die Prozessschritte in der Mikro- und Halbleitertechnologie zu bestimmen.

Sie sind in der Lage, die chemischen und materialwissenschaftlichen Grundlagen und deren Anwendbarkeit zu analysieren und zu bewerten.

Sie sind befähigt, evolutionäre Technikprozesse am Beispiel des Halbleitermarktes richtig einzuschätzen.

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. Scheibherstellung 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 und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Folien, Powerpointpräsentationen, Tafel

Literatur

1. J.D. Plummer, M.D. Deal, P.B. Griffin: Silicon Technology: Fundamentals, Practice and Modelling, Prentice Hall, 2000.
2. U. Hilleringmann: Silizium - Halbleitertechnologie, B.G. Teubner, 1999.
3. D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich: Technology of Integrated Circuits, Springer, 2000.
4. I. Ruge, H. Mader: Halbleiter-Technologie, Springer, 1991.
5. U. Hilleringmann: Mikrosystemtechnik auf Silizium, B.G. Teubner, 1995.
6. S. Fransisla, Introduction to Microfabrication, Wiley, 2004.
7. H. Xiao: Introduction to Semiconductor Manufacturing Technology, SPIE Press, 2012.
8. S.K. Ghandi: VLSI Fabrication Principles: Silicon and Gallium Arsenide, Wiley, 1994.
9. A.G. Baca, C.I.H. Ashby: Fabrication of GaAs Devices, IEE, 2005.
10. W. Prost, Technologie der III/V-Halbleiter, Springer, 1997.

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Neuromorphic Engineering 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200641 Prüfungsnummer: 2101016

Modulverantwortlich: 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	V	S	P			
				2	2	0																														

Lernergebnisse / Kompetenzen

After the lectures and exercises, the students are able to understand and analyze the principles of neural computation methods so that they can compare various advantages and disadvantages of neuro-inspired networks.

Vorkenntnisse

Inhalt

- Biophysical background: neurons, synapses, Data processing invertebrates and vertebrates, Implicit and explicit learning, Short and long-term potentiation, Plasticity
- Spiking neurons models
- Hebbian learning theory
- Neural Networks: an overview (McCulloch-Pitts Neuron, Perceptron, Adalein/Madaline, ART, Boltzmann-Machine)
- Neuronal analog circuits: Axon Hillock Circuit, LIF-Neuron, STDP, AER

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

PowerPoint presentation, blackboard

Literatur

- Gerstner and Kistler, Spiking Neuron Models. Single Neurons, Populations, Plasticity, Cambridge University Press, 2002
- Analog VLSI and Neural Systems, C. Mead, Addison-Wesley Pub. Comp. 1989

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung MNE
- Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Micro- and Nanotechnologies 2016
- Master Micro- and Nanotechnologies 2021
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Semiconductor Devices 2

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200520 Prüfungsnummer: 2100857

Modulverantwortlich: 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

After the lectures and exercises, the students have acquired an overview on current semiconductor devices: the physical background, typical applications and physical limits of different device technologies.

Capabilities: The students have a profound understanding of the main semiconductor devices and valuation of their advantages and disadvantages. They know current difficulties and developments in device-technologies and have knowledge of recent research approaches.

Competences: Students understand the physical background of different semiconductor devices, their scaling limits and functional principles.

Vorkenntnisse

Fundamentals of electronics, Fundamentals of electrical engineering, Semiconductor devices 1

Inhalt

1-Field-Effect Transistors and beyond: repetition of Semiconductor devices 1 (MOS capacitor, the classical MOSFET), modern types of Field-Effect Transistors

2-Device Scaling: Moore's law, Scaling MOSFET, Short channel effects

3-Limits of Binary Computation: Binary states variables, physical limits of computation

4-Random Access Memories: DRAM, Flash memories (EPROM, EEPROM), FeRAM, FeFET, MTJ, MRAM

5-Resistive Random Access Memories: the memory gap problem, PCM, FTJ, ECM and VCM, TCM

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

PowerPoint presentations + blackboard

Literatur

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

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Micro- and Nanotechnologies 2016

Master Micro- and Nanotechnologies 2021

Modul: Bauelemente Simulation und Modellierung

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200528

Prüfungsnummer: 2100867

Modulverantwortlich: 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
semester																								

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen grundlegendes Wissen über Simulation und Modellierung elektronischer Bauelemente und sind mit den grundlegenden Modellen vertraut. Die Studierenden 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: Die Studierenden kennen ingenieurtechnische Grundlagen zur Anwendung von Simulationstools zur Untersuchung des Verhaltens elektronischer Bauelemente, besitzen Kenntnisse der Bauelementemodelle für den Schaltungsentwurf.

Methodenkompetenz: Die Studierenden können Simulationstools zur Verhaltensbeschreibung von elektronischen Bauelementen nutzen und anwenden.

Systemkompetenz: Die Bauelementesimulation und -modellierung steht im Zusammenhang mit anderen Lehrgebieten (Halbleitertechnologie, Festkörperelektronik, Physik, Schaltungsentwurf, mikro- und nanoelektronische Systeme) Dadurch haben die Studierenden ein geschultes, gut entwickeltes interdisziplinäres Denken.

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, FEM) und deren Lösung). Bauelementemodelle für die Schaltungssimulation.

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Overheadprojektor, 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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Funktionswerkstoffe

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200602 Prüfungsnummer: 2100952

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Schaaf

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2172							
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 können verschiedene Funktionswerkstoffe beschreiben und ihre funktionalen Eigenschaften aufzählen und gegenüberstellen.

Die Studierenden sind in der Lage, mechanische und funktionale Eigenschaften der Werkstoffe aus ihren mikroskopischen und submikroskopischen Aufbauprinzipien zu erklären und Eigenschaftsveränderungen gezielt zu analysieren, zu bewerten und für neue Anwendungen zu synthetisieren.

Sie können Funktionswerkstoffe zu gegebenen Anforderungsprofilen auswählen und dies begründen.

Nach dem Seminar können die Studierenden das Erlernte eigenständig vertiefen, Themen aufbereiten und einer Gruppe vorstellen, sowie die werkstoffwissenschaftlichen Fragestellungen in der Gruppe diskutieren.

Nach dem Seminar verfügen sie über anwendungsbereites innerdisziplinäres Wissen und können dieses auch fachübergreifend einsetzen.

Nach dem Seminar können Sie Ihre Konzepte vorstellen und diese mit Kommilitonen diskutieren und analysieren.

Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

Vorkenntnisse

Grundlagen der Werkstoffwissenschaft, Physik- und Chemiekennntnisse.

Inhalt

Dozent: apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Lothar Spieß

Fachkompetenzen:

1. Einführung: Feinstruktur – Gefüge – Eigenschaftsbeziehung
2. Werkstoffe mit besonderer atomarer und struktureller Ordnung: - Kohlenstoffwerkstoffe, - Einkristalline – Amorphe Werkstoffe (Beispiele: Quarz – Quarzglas – SiO_2) - Isolationswerkstoffe und Dielektrika
3. Flüssigkristalline Werkstoffe, Displays
4. Kabel und Leitungen - Rundleiter / Sektorenleiter, Flächenleiter, - Supraleiter
5. Widerstandswerkstoffe
6. Lichtwellenleiter
7. Lot- und Kontaktwerkstoffe
8. Besondere Werkstoffe für Spezialaufgaben
9. Werkstoffe der Vakuumtechnik, Einschmelzlegierungen
10. Elektrische Leiter in Schaltkreisen, Diffusion / Elektromigration
11. Werkstoffe für Fusionsreaktoren, Abbau Kernkraftwerke

Methodenkompetenz

Diskussion von Aufgaben und Problemstellungen in der Gruppe und Vorstellung von Lösungen.

Selbstkompetenz

Einschätzen der eigenen Fähigkeiten und des eigenen Kenntnisstandes im Bereich der Werkstoffe.

Sozialkompetenz

Fähigkeit zur Diskussion und Lösung von Fragestellungen in der Gruppe. Einschätzen von Lösungsstrategien und Problemen.

moodle: <https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1623>

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Powerpoint, Animationen, Videos, Computer, Übungen, Vorträge, Skript.
Moodle Kurs - <https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1623>

Schriftliche Abschlussarbeit (Klausur) in Distanz nach §6a PStO-AB (Take-Home-Exam), Dauer:
90 Minuten, Technische Voraussetzung: moodle https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

Literatur

Studienliteratur – kurze Auswahl, nicht vollständig

1. Nitzsche, K.; Ullrich, H.-J.; Bauch, J.: Funktionswerkstoffe der Elektrotechnik und Elektronik; Dt. Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig (u. a.), 1993
 2. Shackelford, J. F.: Werkstofftechnologie für Ingenieure; Pearson, München etc. 2005
 3. Schatt, W.; Worch, H.: Werkstoffwissenschaft; Wiley-VCH, Weinheim, 2011
 4. Hornbogen, E.; Eggeler; Werner: Werkstoffe; Springer, Berlin etc. 2011
 5. Askeland, D. R.: Materialwissenschaften; Spektrum, Heidelberg etc. 2010
 6. Callister, W. D.: Materials Science and Engineering; Wiley, New York etc. 2014
 7. Ashby, M. F.; Jones, D.R. H.: Werkstoffe 1 + 2; Elsevier Spektrum, München 2006
 8. Spieß, L.; Teichert, G.; Schwarzer, R.; Behnken, H.; Genzel, Ch.: Moderne Röntgenbeugung; Springer Verlag, 3. Auflage 2019
 9. Schumann, H.; Oettel, H.: Metallographie; Wiley-VCH, 2011
 10. Kuzmany, H.: Festkörperspektroskopie; Springer, Berlin, 1990
 11. Ivers-Tiffée, E.; von Münch, W.: Werkstoffe der Elektrotechnik; Hanser, 2018
 12. Buckel, W.; Kleiner, R.: Supraleitung; Wiley-VCH 2012
 13. Jousten, K.; Wutz - Handbuch Vakuumtechnik; Springer, 2012
 14. Schiffner, G.: Optische Nachrichtentechnik; Teubner, 2005
 15. Matthes, K. J.; Riedel, F.; Fügetechnik; Fachbuchverlag Leipzig, 2003
 16. Krüger, A.: Neue Kohlenstoffmaterialien; Teubner, 2007
 17. Müller, U.: Anorganische Strukturchemie; ViewegTeubner, 2008 (2020 Springer)
 18. Czeslik, C.u.a: Basiswissen Physikalische Chemie, Vieweg Teubner 2010
- weiter Infos in moodle: <https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1623>

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Schriftliche Abschlussarbeit (Klausur) in Distanz nach §6a PStO-AB (Take-Home-Exam)

Dauer: 90 Minuten

Technische Voraussetzung: moodle https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
- Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Micro- and Nanotechnologies 2016
- Master Micro- and Nanotechnologies 2021
- Master Werkstoffwissenschaft 2021
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Materials of Micro and Nanotechnology

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200601

Prüfungsnummer: 210502

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Schaaf

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2172							
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

Students are able to explain the mechanical and functional properties of materials in micro- and nanotechnology starting from the microscopic and submicroscopic structure. They can analyze changes in the properties and judge them for their applicability in new applications and can develop strategies for their implementation. Students know the various materials in micro- and nanotechnology and in sensorics. They have gained knowledge about the basic materials properties, their application and the fabrication of such materials. The students know the basics of fabrication of highly integrated circuits, the preparation of microsystems and sensors and how the materials have to be selected. For selected applications the students have knowledge about various methods and steps, materials and their control and analysis. After the seminar, the students have gained a deeper knowledge for selected examples, and they have learned how to search information and how to present this in a talk and to discuss the problems. After intensive discussions and group work during the exercises, the students can correctly assess and appreciate the achievements of their fellow students. They take criticism, heed remarks and accept suggestions.

After the scientific talk (presentation and discussion), students can present a scientific topic, interpret the research results and have to maintain a scientific discussion. So they have the ability to analyze, summarize, interpret and to discuss a scientific research topic. This shows the metacognitive knowledge of the students. Beside these aims and knowledge tests the students have proofed the factual, conceptual, and procedural knowledge of the micro and nanomaterials in the written examination. They have all basics available and they can apply this knowledge and transfer it to given problems.

Vorkenntnisse

Basic knowledge in materials science and engineering, physics, and chemistry on bachelor level.

Inhalt

Materials for Micro- and Nanotechnology

Factual knowledge

Materials for micro and nanofabrications, Top-down und Bottom-up principles, structuring, materials principles of etching, self-organisation methods, properties of nanomaterials, scaling laws.

Introduction

Thin films, deposition, transport mechanisms in thin films

1. basic processes during deposition
2. Epitaxy / Superlattices
3. Diffusion
4. Electromigration
5. functional properties of thin films

1. Definition
2. Quantum interference
3. Applications
4. liquid crystals
5. carbon materials
6. Gradient materials

1. Lithography
2. Anisotropic etching
3. coating
4. LIGA-method

materials for sensorics

materials for plasmonics

materials for energy conversion and storage

Methodological Competences

Students can analyse a digital representation of materials and draw conclusions. They are able to convert measurements of properties to a digital representation of materials.

Self-reflecting competences

Students know how to deal with digital representations and can judge about deficiencies and limitations. They know how to extend the problem and find a solution.

Social Competences

After the seminar, the students have gained deeper knowledge for selected examples, and they have learned how to search information and how to present this in a talk and to discuss the problems. After intensive discussions and group work during the exercises, the students can correctly assess and appreciate the achievements of their fellow students. They take criticism, heed remarks and accept suggestions.

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Scriptum, powerpoint, computer demos, animations, specialized literature, seminar, talks (presentation and discussion)

moodle course: <https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=225>

enrolment key: 2021-micronano

Literatur

Specialized literature will be given in the course and in moodle.

1. Introduction to nanoscience and nanomaterials. Agrawal. World Scientific.
2. Materials for microelectronics. Elsevier.
3. Ashby, M. F.; Ferreira, P. J.; Schodek, D. L., Nanomaterials, nanotechnologies and design, Butterworth-Heinemann, 2009.
4. Poole Jr., C. P.; Owens, F. J., Introduction to Nanotechnology, John Wiley & Sons, 2003.
5. Callister Jr., W. D., Fundamentals of Materials Science and Engineering, John Wiley & Sons, 2000.
6. Ratke, L.; Voorhees, P. W., Growth and Coarsening: Ostwald Ripening in Material Processing, Springer, 2002.
7. Bhattacharya, Fornari, Kamimura, Comprehensive Semiconductor Science and Technology, 6 volumes, Elsevier Science, 2011.
8. Werkstoffwissenschaft / W. Schatt; H. Worch / Wiley- VCH Verlag, 2003
9. Menz, W.; Mohr, J.; Paul, O.: Mikrosystemtechnik für Ingenieure. - Wiley-VCH, 2005
10. Grundlagen der Mikrosystemtechnik: Lehr- und Fachbuch / G. Gerlach; W. Dötzel / Hanser, 1997
11. Sensorik: Handbuch für Praxis und Wissenschaft / H.- R. Tränkler; E. Obermeier / Springer, 1998
12. Mikrosystemtechnik / W.-J. Fischer / Würzburg: Vogel, 2000
13. Schaumburg, H.: Sensoren / H. Schaumburg / Teubner, 1992
14. Frühauf, J.: Werkstoffe der Mikrotechnik; Hanser Verlag 2005
15. Mescheder, U.: Mikrosystemtechnik; Teubner-Verlag, 2004

moodle course: <https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=225>

enrolment key: 2021-micronano

Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Materials of Micro and Nanotechnology mit der Prüfungsnummer 210502 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 75% (Prüfungsnummer: 2100950)
- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 25% (Prüfungsnummer: 2100951)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

written examination

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

seminar talk to a given topic with scientific discussion

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Schriftliche Abschlussarbeit (Klausur) in Distanz nach §6a PStO-AB (Take-Home-Exam)

Dauer: 120 Minuten

Technische Voraussetzung: exam-moodle https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

oder

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB

Dauer: 30 Minuten

Technische Voraussetzung: webex https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Master Biotechnische Chemie 2020

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung MNE

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Micro- and Nanotechnologies 2021

Master Werkstoffwissenschaft 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Micro- and Nano System Technology

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

Modulnummer: 200521 Prüfungsnummer: 2100858

Modulverantwortlich: 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

After the lectures and exercises, the students have an overview on basics and background knowledge of micro- and nanosystem technology, devices and fabrication technology. They are able to understand original literature, to design and use micro devices.

Vorkenntnisse

Participation in the course "Micro and nano sensor technology"

Inhalt

Requirements of micro- and nanotechnology; material properties and choice of materials; physical and engineering backgrounds of microsystem technology; fabrication and functionality of miniature sensors or actuators based on selected examples

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Overhead projector, beamer, blackboard!

Literatur

B. Heimann, W. Gerth, K. Popp: Mechatronik; Hanser Verlag München, 1998;
 S. E. Lyschevski: Nano- and micromechanical systems, CRC Press, 2005;
 Gerald Gerlach, Wolfram Dötzel, Einführung in die Mikrosystemtechnik, Hanser, München-Wien 2006
 G. Gerlach, W. Dötzel, Introduction to Microsystem Technology, Wiley & Sons, 2008
 W. Menz, J. Mohr, O. Paul, Mikrosystemtechnik für Ingenieure, Weinheim, Wiley-VCH, 3. Auflage (2005) U.
 Mescheder, Mikrosystemtechnik, Wiesbaden, Teubner, 2. Auflage (2004)
 M. Glück, MEMS in der Mikrosystemtechnik, Wiesbaden, Teubner (2005)
 Friedemann Völklein, Praxiswissen Mikrosystemtechnik : Grundlagen, Technologien, Anwendungen. Wiesbaden, Vieweg (2006)
 Friedemann Völklein, Einführung in die Mikrosystemtechnik : Grundlagen und Praxisbeispiele. Braunschweig, Vieweg (2000)
 Werner Karl Schomburg, Introduction to Microsystem Design, Springer, Berlin-Heidelberg 2015
 Nam-Trung Nguyen, Mikrofluidik, Teubner, Wiesbaden 2004
 Nguyen/Wereley, Fundamentals and Applications of Microfluidics, Artech House, Boston-London 2002

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
 Master Micro- and Nanotechnologies 2016

Modul: Nanotechnology

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200547 Prüfungsnummer: 2100889

Modulverantwortlich: 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-	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

After attending the lectures, students can describe fabrication methods to fabricate nanostructures and nanostructured devices.
 They can explain areas of applications in various scientific disciplines. They understand the physical principles and fundamentals of size dependent materials and device properties.
 After attending the course, students are able to develop process flows to fabricate complex nanostructures. They understand the physical fabrication processes used in today manufacturing lines and in the semiconductor industry
 After the seminar, the students deepened their knowledge gained in the lecture using selected examples.
 After the event students have cross-disciplinary scientific knowledge and professional skills.

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.

The class size is limited to 25 students due to the LAB experiments that complement the lectures.

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Power Point, LAB experiments

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. Arsenault, 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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Micro- and Nanotechnologies 2021

Master Optische Systemtechnik/Optronik 2017

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Neuromorphic Engineering 2

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200669 Prüfungsnummer: 2101049

Modulverantwortlich: 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

After the lectures and exercises, the students are able to understand and analyze the principles of biological sensing and information processing and the adaptation of these principles in technological system. They can compare different neuromorphic sensors, regarding their underlying principles and performance, and know about advantages and disadvantages of these technologies compared to conventional sensors.

Vorkenntnisse

Neuromorphic Engineering 1

Inhalt

- Biophysical background: biological sensors (vision, auditory, olfactory, tactile), pre-processing at sensor level, sensory adaptation, and processing methods and pathways for sensory information
 - Asynchronous output representation/ Address-event representation
 - Event-driven computation
- Nonlinear dynamics: an overview (bifurcations and their properties, fix-point analysis)
- Neuromorphic vision sensors
- Neuromorphic auditory sensors
- Sensor fusion for neuromorphic sensors
- Application in the robotic and medical field (retinal/cochlea implants)

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

PowerPoint presentation, blackboard

Literatur

Analog VLSI and Neural Systems, C. Mead, Addison-Wesley Pub. Comp. 1989

Detaillangaben zum Abschluss

Im Rahmen der Übung können die Teilnehmer Bonuspunkte für die erfolgreiche Bearbeitung bestimmter (vom Prüfer festgelegter) Teilaufgaben sammeln, welche zur Verbesserung der schriftlichen Prüfungsleistung mitangerechnet werden können.

In the frame of the seminars you can gain bonus points for some of the exercises (pre-defined by the teacher). These points can be used to improve your written exam.

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

"written exam in distance ("takehome exam)" according to §6a PStO-AB" and "technical requirements according to https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpsl-pand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx (MoodleExam)"

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
 Master Micro- and Nanotechnologies 2016
 Master Micro- and Nanotechnologies 2021

Modul: Optoelektronik

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

Modulnummer: 200548 Prüfungsnummer: 2100890

Modulverantwortlich: 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 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

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, Bauelemente und Systeme der Optoelektronik zu erklären sowie die Leistungsfähigkeit und Grenzen der betrachteten Systeme abzuleiten.
 Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, die unterschiedlichen Anforderungen an optoelektronische Bauelemente vorherzusagen und können die dafür notwendigen technischen Kennwerte bestimmen.
 Anhand der Funktionsweise der Bauelemente können die Studierenden nach Abschluss des Moduls die Möglichkeiten und physikalische Grenzen von optoelektronischen Bauelementen zusammenfassen.
 Die Studierenden können die Funktionsweise der typischen optoelektronischen Bauelemente beurteilen und sind fähig, die die optoelektronischen Bauelemente zu entwerfen.
 Nach dem Besuch des Seminars können die Studierenden eine Auswahl von Lösungsmethoden im analytischen und numerischen Bereich anwenden.
 Nach Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über einen grundlegenden Überblick über optoelektronische Bauelemente, sowie über zukünftige Entwicklungen auf dem Gebiet der Optoelektronik.

Vorkenntnisse

Die Vorlesung baut auf dem Grundstudium Physik auf, der vorherige Besuch einer einführenden Veranstaltung zur Festkörperphysik und Mathematik (Lineare Algebra, Differential-rechnung) wird jedoch empfohlen.

Inhalt

- Der Inhalt der Vorlesung umfasst:
1. Grundlagen der optischen Nachrichtentechnik;
 2. Die physikalische Grundlagen der Optoelektronik;
 3. Halbleitermaterialien für Optoelektronik;
 4. Der pn-Übergang, der Heteroübergang, die Doppelheterostruktur
 5. Lumineszenz-Dioden;
 6. Organische Lumineszenz-Dioden;
 7. Optische Verstärkung und die Mechanismen der Inversionserzeugung in Festkörper-Laserdioden;
 8. Die technischen Realisierungsformen der Festkörper-Laserdioden
 9. Die Sonderformen von Festkörperlaserdioden
 10. Photodetektoren;

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Vorlesungen: MS Powerpoint, Overhead-Folien, Tafel
 Übungen: Origin software, MS Excel

Literatur

1. W. Bludau, Wolfgang: Halbleiter-Optoelektronik, Hanser, München 1995.
2. K.J. Ebeling: Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Berlin 1992.
3. K.A. Jones, Optoelektronik, VCH, Weinheim, 1992.
4. E.F. Schubert, Light-Emitting Diodes, 2nd Ed., Cambridge, 2003.
5. S.O. Kasap, Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices, Pearson, 2013.
6. J.-M. Liu: Photonic Devices, Cambridge, 2009.
7. J. Singh, Semiconductor Optoelectronics: Physics and Technology, McGraw-Hill, 1995.

8. S.M. Sze, K.K. Ng: Physics of Semiconductor Devices, 3rd Ed., Wiley, 2007.

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: **Praktikum Mikrofabrikation**

Modulabschluss: Prüfungsleistung Praktika mit Testkarte Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Deutsch/Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: ganzjährig

Modulnummer: 200643 Prüfungsnummer: 2101018

Modulverantwortlich: 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-	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
semester							0	0	4																								

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Hörer der Lehrveranstaltung können nach deren Beendigung wesentliche technologische Schritte zur Herstellung elektronischer und sensorischer Bauelemente auf der Basis von Silizium und organischen Materialien benennen.
 Sie sind in der Lage, die Auswirkungen eines Forschungsprojektes auf die zukünftige Technikentwicklung zu interpretieren.
 Nach dem Besuch des Praktikums sind die Studierenden in der Lage, tendenzielle Entwicklungen im Bereich der Mikrofabrikation vorherzussagen.
 Sie besitzen die Fähigkeit, der Situation entsprechend angemessen zu handeln und können mit den betreuenden Fachpersonal eng zusammenarbeiten.
 Nach Projektabschluss sind Sie in der Lage, in einem Team ihrer Qualifikation entsprechend Verantwortung zu übernehmen.

Vorkenntnisse

Grundkenntnisse in Physik, Chemie, Funktionsweisen von elektronischen Bauelementen und integrierten Schaltkreisen, Experimentalphysik, Grundlagen der Elektronik, Nanotechnologie

Inhalt

Im Praktikum wird ein Drucksensor hergestellt. Dabei soll ein Einblick in die Anlagentechnik und Messtechnik sowie die Arbeitsweise der Halbleitertechnologie vermittelt werden. In der Abfolge von Prozessschritten, die zu den Versuchen: Thermische Oxidation, Schleuderprozesse, Hochvakuumbedampfung, Plasmazerstäuben, sowie optische und elektrische Charakterisierung zusammengefasst sind. Hierdurch wird die Wechselwirkung zwischen Technologie und Bauelementeeigenschaften deutlich gemacht. Ergänzende Versuche geben eine Einführung in die Elementanalyse mit Verfahren der Oberflächenanalytik, in die Vakuumtechnik sowie die Prozessanalytik am Beispiel der Ellipsometrie.
 Das Praktikum beinhaltet folgende Verfahren:
 1. Oxidation, 2. Ellipsometrie, 3. Kontaktierung, 4. Spin-Coating, 6. Elektrische Charakterisierung, 7. Vakuumerzeugung, 8. Vakkummessung, 9. Sputtern, 10. Plasmaätzen.

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Praktikumsanleitungen und Vorbereitungsaufgaben laut Praktikumsanleitung, Praktikum an technologischen Apparaturen

Literatur

Praktikumsanleitungen

Detailangaben zum Abschluss

Versuche und Betreuerkolloquium

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
 Master Werkstoffwissenschaft 2013

Modul: Thin Films and Surfaces

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200588 Prüfungsnummer: 2100930

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Schaaf

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2172

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

- Students can repeat the basic properties of surfaces and thin films.
- Students can describe the basic differences between surfaces/thin films and bulk materials.
- Students can explain the basic methods for thin film and surface investigations.
- Students can interpret various surface and thin film states.
- Students can analyze materials properties in surfaces and thin films.
- Students can propose different methods for the investigation of surfaces and thin films.
- Students can interpret and judge results of surface and thin film measurements.
- Students can judge about states and properties of surfaces and thin films, they can predict them and they can apply them. They know methods for the preparation and testing of surfaces and thin films and can choose the right ones for various application cases. They can explain and apply such methods. They can apply their knowledge and competences to new surface and thin film problems. They can present and scientifically discuss a given topic.
- Students can present and given topic and discuss it. After intensive discussions and group work during the exercises, the students can correctly assess and appreciate the achievements of their fellow students. They take criticism, heed remarks and accept suggestions.

Vorkenntnisse

Bachelor degree, basic knowledge in physics, Materials Science and Engineering, Chemistry, Electrical Engineering, etc.

Inhalt

Dozent: PD Dr. Dong Wang
 Factual Competences
 Surfaces:
 Basics, thermodynamics, structures, surface diffusion, reconstruction, relaxation, technologies, vacuum, analysis methods
 Thin Films:
 basics, preparation methods, growth dynamics and growth modes, grow structures, mechanical stresses, multilayers, epitaxy, properties, applications
 Testing methods:
 Thin films and surface measurement methods
 Methodological Competences
 Students can analyze thin films and surfaces and draw conclusions. They are able to convert measurements of properties of materials.
 Self-reflecting competences
 Students know how to deal with surface and thin film materials representations and can judge about deficiencies and limitations. They know how to extend the problem and find a solution.
 Social Competences
 After the seminar, the students can present and reflect selected topical examples, and they have learned how to search information and how to present this in a talk and to discuss the problems. After intensive discussions and group work during the exercises, the students can correctly assess and appreciate the achievements of their fellow students. They take criticism, heed remarks and accept suggestions.

moodle course: <https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/edit.php?id=1486>

enrolment key: TFS-2021

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Lecture with PowerPoint and Blackboard.

Animations, Videos, Scripts, moodle, seminar talks, excercises

moodle course: <https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/edit.php?id=1486>

enrolment key: TFS-2021

Literatur

Books (List will be provided via moodle)

Actual Research Literature, Reviews (List will be provided).

Specialized Literature on moodle.

Detailangaben zum Abschluss

written examination (Klausur) 90 min.

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Schriftliche Abschlussarbeit (Klausur) in Distanz nach §6a PStO-AB (Take-Home-Exam)

Dauer: 120 Minuten

Technische Voraussetzung: exam-moodle https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

oder

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB

Dauer: 30 Minuten

Technische Voraussetzung: webex https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Micro- and Nanotechnologies 2016

Master Micro- and Nanotechnologies 2021

Master Werkstoffwissenschaft 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

**Modul: Wahlbereich Profil 2: Informationstechnik /
Telekommunikation(20 LP aus dem Wahlkatalog Profil 2:
Informationstechnik / Telekommunikation)**

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

Modul: Digitale Signalverarbeitung

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

Modulnummer: 200570 Prüfungsnummer: 2100912

Modulverantwortlich: 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 beherrschen nach Vorlesung und Übung die der digitalen Signalverarbeitung zugrunde liegende systemtheoretischen Aspekte. Sie kennen grundlegende Zusammenhänge der analogen und diskreten Signalverarbeitung.
 Sie kennen Transformationen (Fourier, Z, Laplace, Wavelet usw.) und können sie in verschiedenen Anwendungen (z.B. Multiratenysteme und Signalanalyse, Spektralanalyse) einsetzen.

Vorkenntnisse

Signal- und Systemtheorie

Inhalt

- Wiederholung Signal- und Systemtheorie (FT, FS, DFT, DTFT)
- Laplace Transformation und Anwendungen (2-seitig)
- Z-Transformation und digitale Filter
- Lapped Transforms (Fensterung/Unschärferelation, STFT, CWT, DWT)
- Spektrumanalyse (parametrisch und nicht-parametrische Schätzverfahren)
- Multiratenysteme und Interpolationsmethoden (zB splines)

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Präsenz oder online
 überwiegend Tafel
 + Folien + Matlab Simulationen

Literatur

Proakis & Manolakis, Digital Signal Processing

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Schriftliche Abschlussarbeit (Klausur) in Präsenz
 120 min

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Ingenieurinformatik 2013
- Master Optische Systemtechnik/Optronik 2017
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Funksysteme

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200508

Prüfungsnummer: 2100842

Modulverantwortlich: 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	V	S	P	V	S	P
	3	1	0																																	

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können nach den Vorlesungen und Übungen die für verschiedene Frequenzbereiche relevanten Ausbreitungsbedingungen drahtloser Übertragungssysteme klassifizieren und vergleichen. Sie sind in der Lage deren Auswirkungen auf die systembezogene Konzeption von Funksystemen und Übertragungsverfahren zu bewerten. 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:** Die Studierenden kennen nach Vorlesung Natur- und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen und können Entwicklungstendenzen frühzeitig einbinden. Sie sind mit neuesten Techniken und Methoden vertraut und können, das angewandten Grundlagenwissens der Informationsverarbeitung gezielt einbinden.

- **Methodenkompetenz:** Die Studierenden können sich Fachwissens gezielt erschließen und nutzen und sind in der Lage ihre Arbeitsergebnisse zu dokumentieren. Sie können nach dem Praktikum ihr Fachwissen zur Modellbildung, Planung, Simulation und Bewertung komplexer Systeme nutzen, können es anwenden.

- **Systemkompetenzen:** Die Studierenden haben Überblickwissen über angrenzende Fachgebiete, die für die Gestaltung von Systemen wichtig sind. Sie besitzen zudem fachübergreifendes, systemorientiertes Denken.

- **Sozialkompetenzen:** Die Studierenden sind zur aktiven Kommunikation und zu Teamwork befähigt. Sie sind in der Lage, ihre Ergebnisse zu präsentieren, können gesellschaftliche Bedürfnisse erkennen, analysieren und präsentieren und somit, Präsentation, Schnittstellen technischer Problemstellungen zur Gesellschaft herstellen.

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 und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Tafelbild, interaktive Entwicklung der Stoffinhalte

Illustrationen zur Vorlesung (in elektronischer Form verfügbar)

Hinweise zur persönlichen Vertiefung

Identifikation vorlesungsübergreifender Zusammenhänge

Vorlesungsbegleitende Aufgabensammlung zur selbständigen Nacharbeitung (in elektronischer Form verfügbar)

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Antennen

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

Modulnummer: 200501 Prüfungsnummer: 2100834

Modulverantwortlich: 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 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 1 1								

Lernergebnisse / Kompetenzen

In diesem Modul beschäftigten sich die Studierenden mittels Vorlesungen, geleiteter Übungen, selbständiger Problemlösung und praktischer Versuche mit grundlegenden theoretischen und praktischen Aspekten der Antennentechnik.

Die Studierenden vermögen ihre in diesem Modul neu erworbenen Kenntnisse in fachlich passende Vorkenntnisse einzuordnen und verstehen tiefere Zusammenhänge. Sie können analytische, numerische sowie experimentelle Methoden anwenden, Lösungsansätze für typische Entwurfsfragen und Problemstellungen entwerfen und diese hinsichtlich ihrer Konsistenz und Praktikabilität bewerten.

Auf Basis der in diesem Modul vermittelten Fachkompetenzen im Bereich ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen der Antennentechnik und Funkübertragung wurden die Studierenden frühzeitig in Entwicklungstendenzen eingebunden und mit neuesten Techniken und Methoden vertraut gemacht. Die Studierenden können ihr Fachwissen systematisch erschließen und nutzen und Arbeitsergebnisse in geeigneter Form dokumentieren; darüber hinaus sind sie in der Lage, Modelle zu bilden und zu planen sowie komplexe Systeme zu simulieren und zu bewerten. Sie überblicken angrenzende Fachgebiete und beherrschen fachübergreifendes, systemorientiertes Denken. Die Studierenden können ihre Sozialkompetenzen in Kommunikation, Teamwork, Präsentation unter Beweis stellen; sie sind befähigt gesellschaftliche Bedürfnisse an der Schnittstelle zu technischen Problemstellungen und marktwirtschaftlichen Entwicklungen zu erkennen und zu analysieren.

Vorkenntnisse

Erforderliche Vorkenntnisse für das Fach Antennen, Bereitschaft zur selbständigen Vertiefung des vermittelten Wissens, Team- und Kommunikationsfähigkeit

Inhalt

1. Einführung: Inhaltsübersicht, Motivation, Entwicklungen und Trends, elektromagnetische Grundlagen
2. Antennen im Sendebetrieb: Beschreibung des Strahlungsfeldes, Fernfeldbedingung, Elementarantennen, Antennenkenngrößen
3. Antennen im Empfangsbetrieb: Reziprozitätstheorem, Wirkfläche, Leistungsübertragung (Fränzsche Formel und Radargleichung), Rauschtemperatur
4. Bauformen einfacher Antennen: Flächenstrahler, Drahtantennen, Planarantennen, Beschreibungsmodelle, Kenngrößen
5. Gruppenantennen (antenna arrays): Phasengesteuerte Arrays, lineare Arrays, Richtcharakteristik von Arrays (Strahlungskopplung), Strahlformung
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. Die Prüfung geht mit 75%, das Praktikum mit 25% in die Gesamtbewertung ein.

Praktikum Antennen

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

Antennenmesslabor

Nahfeldscanner

VISTA

Im laufenden Semester hat jeder Teilnehmer eines der Projekte zu absolvieren.

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Elektronische Messtechnik

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

Modulnummer: 200566 Prüfungsnummer: 2100908

Modulverantwortlich: 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 können nach Vorlesung und Übung die wichtigsten in der Nachrichten- und Informationstechnik angewendeten Messverfahren und Messgerätekonzepte in ihren Grundzügen verstehen, ihre Leistungsparameter beurteilen und Messaufgaben lösen.

Vorkenntnisse

Signal- und Systemtheorie, Elektrotechnik, Grundlagen der elektrischen Messtechnik, Grundlagen der analogen und digitalen Schaltungstechnik

Inhalt

- Rauschen, Rauschmessung
- Nichtlinearitäten & Messung
- Komponenten- und Geräteparameter
- Empfängerkonzepte, Spektrumanalysator, NWA
- Software-Defined-Radio (SDR) Plattformen
- Digitale Signalverarbeitung und Messung mit SDRs
- Spezielle Messeinrichtungen der Gruppe EMS (z.B. FORTE)

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Präsenz oder online
 Beamer, Tafel

Literatur

Christoph Rauscher, "Grundlagen der Spektralanalyse"
 verschiedene Application Notes, z.B. von Messgeräteherstellern

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Präsenz
 30 min

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013
- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Ingenieurinformatik 2013
- Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Messsysteme der Informations- und Kommunikationstechnik

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

Modulnummer: 200568 Prüfungsnummer: 2100910

Modulverantwortlich: 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

Nachdem die Studierenden die Veranstaltung besucht haben, können sie grundlegende Messmethoden zur Charakterisierung von Übertragungs- und Kommunikationssystemen beschreiben.

Sie können die Unterschiede der Messmethoden erklären und ihre Verwendbarkeit in neuen Anwendungen prüfen.

Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, Strategien für neue Messaufbauten zu entwickeln.

Nach dem Besuch der Vorlesung kann der Studierende die erworbenen Kenntnisse über die Messsysteme der Informations- und Kommunikationstechnik zusammenfassen.

Nach dem Seminar haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand ausgewählter Beispiele vertieft.

Nach Beendigung der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, komplexere Aufgabenstellungen zu systematisieren, zu planen und durchzuführen.

Vorkenntnisse

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

Inhalt

- Messung von Streuparametern
- Signalquellen
- Architektur von Breitbandempfängern
- Korrelation und Systemidentifikation
- Messung der Wellenausbreitung für den Mobilfunk

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Präsenz oder online

Beamer, Tafel

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB
30 min

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Messverfahren und -datenverarbeitung

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

Modulnummer: 200569 Prüfungsnummer: 2100911

Modulverantwortlich: 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	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
semester				2	2	0																					

Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Veranstaltung ist der Studierende in der Lage, verschiedene Messmodalitäten und die dafür notwendige Signalverarbeitung zu erklären, um nützliche Information aus den Messdaten abzuleiten.

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, die unterschiedlichen Anforderungen an die Messverfahren vorherzusagen und können daraus technische Kennwerte bestimmen.

Anhand der Datenverarbeitung können die Studierenden nach Abschluss des Moduls die Möglichkeiten und Grenzen von Messverfahren zusammenfassen.

Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden ihre praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten in Bezug auf die Messverfahren und Datenerfassung einschätzen.

Vorkenntnisse

Digitale Signalverarbeitung, Elektrotechnik, Signal- und Systemtheorie

Inhalt

Teil 1: Messmodalitäten - Wechselwirkungen und Sensorik:

- Elastische Wellen und Ultraschall
- HF-Wellen und Wirbelströme
- Thermographie
- Optische Verfahren und Laser
- Röntgen Strahlung

Teil 2: Signalverarbeitung

- Parametrische vs. nicht-parametrische Schätzverfahren
- Inversion nach Bayes
- Zeit-Frequenz Analyse
- back projection/SAFT/migration
- Tomographie

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Präsenz oder online

Tafel (überwiegend) + Folien + Matlab Simulationen

Literatur

Online-Dokumente und Application Notes von verschiedenen Geräteherstellern

Detaillangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB

30 min

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Modul: Mobile Communications, Part 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 75 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200513

Prüfungsnummer: 2100848

Modulverantwortlich: 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	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

After completing this module, the students are able to understand current areas of mobile communication systems. They have a deep understanding of universal (timeless) principles that are applicable in several research areas and disciplines. They can confidently use several fundamental mathematical properties and "tricks", e.g., in the areas of linear algebra, stochastic processes, and time-varying systems.

Fundamental concepts of mobile communication systems are developed in class, ranging from channel modeling to advanced multiple antenna systems. Moreover, important topics for the design of future wireless communication systems are also emphasized.

After participating in this course, the students are able to assess current hot topics from research and development in wireless communications (e.g., 5G, 6G). They are able to read and understand current IEEE journal and conference publications in this area. Moreover, they have been enabled to develop new research ideas and results that build on this published "state-of-the-art."

Vorkenntnisse

Basics in stochastics and calculus

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

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Adaptive and Array Signal Processing, Part 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 75 min Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200506

Prüfungsnummer: 2100840

Modulverantwortlich: 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	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	
semester																						

Lernergebnisse / Kompetenzen

After completing this module, the students are able to understand the fundamental concepts of adaptive filters and array signal processing. These concepts include the mathematical background, in particular concepts and "tricks" that can be used for the derivation of new research results. Furthermore, they range from adaptive temporal and spatial filters to (multi-dimensional) high-resolution parameter estimation techniques and tensor-based signal processing concepts. The students have a deep understanding of these universal (timeless) principles that are applicable in several research areas and disciplines.

The students are enabled to read and understand current research publications in the areas of adaptive filters and array signal processing. They are able to use these concepts and results for their own research and understand the presentations about these topics at international conferences. Furthermore, they are able to read and understand current IEEE journal and conference publications in this area. Moreover, they have been enabled to develop new research ideas and results that build on this published "state-of-the-art."

Vorkenntnisse

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

2.3 Linear algebra

- Correlation matrices
- 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

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Die Internet-Protokollwelt

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200499

Prüfungsnummer: 210485

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jochen Seitz

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2115							
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 0							

Lernergebnisse / Kompetenzen

Das Internet ist aus der heutigen Zeit nicht mehr wegzudenken und ein integraler Bestandteil sowohl des geschäftlichen als auch des privaten Lebens geworden. Studierende dieser Vorlesung, die von Übungen begleitet wird, kennen die Dienste und Protokolle des Internets näher. Durch den Bottom-Up-Ansatz sind die Studierenden befähigt, die Funktionalitäten der einzelnen Protokollschichten im Internet nachzuvollziehen und somit die Zusammenhänge zwischen den Schichten zu verstehen. Sie wissen daher, welche Dienstgüte die einzelnen Schichten erbringen können und sind so in der Lage, für die Entwicklung eigener Internet-basierter Anwendungen die entsprechenden Protokolle und Funktionen auszuwählen. Darüber hinaus erkennen sie die aktuellen Entwicklungstrends im Internet und können abschätzen, welche Änderungen sich in Zukunft im Internet ergeben werden.

Vorkenntnisse

Kommunikationsnetze

Inhalt

1. Einführung und Wiederholung
2. Internet Protocol (Version 4 und Version 6)
3. Hilfsprotokolle der Internet-Schicht: ICMP, ARP, RARP, IGMP, DHCP, PPP
4. Routing: Funktionsweise und Aufbau eines Routers, Routingtabelle, Autonome Systeme, RIP, AODV, OSPF, BGP
5. Die Transportschicht im Internet: TCP, UDP, SCTP, DNS
6. Mobilitätsunterstützung im Internet: Mobile IP, Anpassungen von TCP
7. Dienstgüte im Internet: Ansätze zur Dienstgüteeerbringung, Integrated Services (IntServ), Differentiated Services (DiffServ), Multi-Protocol Label Switching (MPLS)
8. Multimedia im Internet: Anforderungen von Multimedia-Anwendungen, RTP, RTCP, RTSP, Voice over IP
9. Anwendungen im Internet: E-Mail, File Transfer, World Wide Web

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

- PowerPoint-Folien
- Tafelanschrieb
- Seminaraufgaben
- Kontrollfragen zur Prüfungsvorbereitung
- Ausarbeitungen zu aktuellen Themen aus dem Bereich der Internet-Protokolle

Literatur

- BADACH, Anatol; HOFFMANN, Erwin (2015): Technik der IP-Netze. Internet-Kommunikation in Theorie und Einsatz. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Hanser.
- COMER, Douglas E. (2000): Computernetzwerke und Internets. München: Pearson Studium.
- DEBES, Maik; HEUBACH, Michael; SEITZ, Jochen; TOSSE, Ralf (2007): Digitale Sprach- und Datenkommunikation. Netze Protokolle - Vermittlung. München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag.
- HALSALL, Fred (2005): Computer Networking and the Internet. 5th edition. Harlow, England: Addison-Wesley.

- KRÜGER, Gerhard; RESCHKE, Dietrich (2004): Lehr- und Übungsbuch Telematik. Netze - Dienste - Protokolle. 3., aktualisierte Auflage. München, Wien: Fachbuchverlag Leipzig im Carl-Hanser-Verlag.
- KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. (2014): Computernetzwerke. Der Top-Down-Ansatz. 6., aktualisierte Auflage. Hallbergmoos: Pearson Studium (Pearson Studium - Informatik).
- STALLINGS, William (2014): Data and Computer Communications. 10th edition. Harlow, Essex, England: Pearson Education.
- STEVENS, W. Richard (2004): TCP-IP. Der Klassiker: Protokollanalysen, Aufgaben und Lösungen. 1. Auflage. Bonn: Hüthig.
- TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David J. (2012): Computernetzwerke. 5., aktualisierte Aufl. München: Pearson.

Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Die Internet-Protokollwelt mit der Prüfungsnummer 210485 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 20% (Prüfungsnummer: 2100831)
- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 80% (Prüfungsnummer: 2100832)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

Recherchehausarbeit über ein aktuelles Thema zur Vorlesung im Umfang von max. 6 Seiten. Die Themenliste wird für alle Teilnehmer zu Beginn des Semesters im Netz verfügbar gemacht.

Die aPL wird nur im Wintersemester begleitend zur LV angeboten.

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Nachrichtentechnik

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

Modulnummer: 200494 Prüfungsnummer: 2100824

Modulverantwortlich: 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

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, Nachrichtenquellen und Übertragungskanäle informationstheoretisch zu beschreiben. Sie können die Grenzen der Nachrichtenübertragung berechnen und so die Effizienz konkreter Übertragungssysteme beurteilen. Die Hörerinnen und Hörer können Verfahren zur Quellencodierung anwenden und deren Güte einschätzen. Sie können Signale konstruieren, die das erste Nyquist-Kriterium erfüllen und den optimalen Empfänger auf der Basis eines signalangepassten Filters entwerfen und analysieren. Durch die gewonnenen Fertigkeiten können sie das Prinzip von Mehrträger - und von Vielfachzugriffssystemen verstehen und solche Systeme evaluieren. Nach Abschluss des Modules können die Studierenden ihre praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten einschätzen und sich mit Fachleuten über die Thematik austauschen. Nach dem Seminar haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand ausgewählter Beispiele vertieft.

Vorkenntnisse

Für alle Studiengänge sind Grundlagen der Mathematik, "Signale und Systeme 1" und "Informationstechnik" Voraussetzung für diese Veranstaltung.

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
- 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
- 10.2 Spektrale Leistungsdichte linear modulierter Signale
- 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 und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Entwicklung auf Präseniter 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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Ingenieurinformatik 2013

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Signale und Systeme 2

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 120 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200496

Prüfungsnummer: 2100826

Modulverantwortlich: 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	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																														

Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, lineare zeitinvariante Systeme unter Verwendung der Laplace- und z-Transformation zu beschreiben und zu analysieren.

Sie können Aussagen zur Stabilität solcher Systeme treffen und die Übertragungscharakteristik von Filtern mit kontinuierlicher oder zeitdiskreter Impulsantwort sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich analysieren. Sie können die Grundstrukturen solcher Filter beschreiben und selbstständig aus den Systemfunktionen herleiten.

Nach dem Modul sind die Studierenden zudem in der Lage, die Hilbert- und die Bandpass-Tiefpass-Transformation als Werkzeug einzusetzen, um in späteren Veranstaltungen Funkssysteme oder optische Systeme effizient analysieren zu können.

Nach dem Seminar haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand praxisnaher Beispiele gefestigt.

Vorkenntnisse

Für alle Studiengänge sind Grundlagen der Mathematik und "Signale und Systeme 1" Voraussetzung für diese Veranstaltung.

Inhalt

Die vor Kapitel 2.3 liegenden Inhalte werden im Fach Signale und Systeme 1 behandelt.

2 Lineare Systeme

2.3 LTI-Systeme mit idealisierten und elementaren Charakteristiken

2.3.1 Tiefpässe

+ Idealer Tiefpaß

+ Kurzzeitintegrator (Spalttiefpaß)

- Beispiel 2.1: RC-Glied (Fortsetzung)

+ Idealer Integrator

2.3.2 Hochpässe

2.3.3 Bandpässe

+ Phasen- und Gruppenlaufzeit

2.3.4 Zeitdiskrete Systeme

2.3.5 Kammfilter

+ Kammfilter in der Tontechnik

- Beispiel 2.3: Kammfilter abgeleitet vom Spalttiefpaß

+ Diskrete Hochpässe als Kammfilter

2.3.6 Eigenschaften kausaler Systeme

2.3.7 Idealisierte Phasencharakteristiken

2.4 Lineare frequenzinvariante (LFI) Systeme

- Beispiel 2.2: Amplitudenmodulation (AM)

3 Komplexe Signale und Systeme

+ Klassifikation von Übertragungssystemen

3.1 Darstellung reeller Bandpaßsignale im Basisband

- Beispiel 3.1: Quadraturamplitudenmodulation (QAM)

+ Quadraturmodulator

+ Quadraturdemodulator

- + Hilberttransformation eines reellen Bandpaßsignals
- + alternative Realisierung des Quadraturdemodulators
- 3.2 Komplexwertige Systeme
- 3.3 Abtastung von Bandpaßsignalen
- 4. Analoge und digitale Filter
- 4.1 Zusammenhänge zwischen der Fourier-Transformation, der Laplace-Transformation und der Z-Transformation
- 4.1.1 Laplace-Transformation
 - Beispiel 1.11: Einheitssprung (Fortsetzung)
 - + Faltungssatz
 - + Verschiebungssatz
 - + Differentiationssatz
- 4.1.2 Einseitige Z-Transformation
 - + Konvergenz der Z-Transformation
 - + Verschiebungssatz
 - Beispiel 4.1: Z-Transformation der Potenzreihe
 - + Anwendung zur Analyse und Synthese zeitdiskreter Systeme: Z-Transformation gebrochen rationaler Funktionen
 - Beispiel 1.11: Einheitssprung (Fortsetzung)
- 4.2 Filter
- 4.2.1 Verzweigungsnetzwerk
 - + Übertragungsfunktion
 - + Sonderfälle
 - a) idealer Integrator (Laplace-Transformation)
 - b) ideales Verzögerungsglied (Z-Transformation)
 - + Beispiele
- 4.2.2 Pole und Nullstellen in der p- und z-Ebene
 - + Zusammenhang zwischen der p- und z-Darstellung
 - + Zulässige PN-Lagen
 - + Minimalphasensysteme
 - + Allpaß-Konfigurationen
 - Beispiel 4.2: Allpaß 1. Grades
- 4.2.3 Realisierbare Elementarsysteme für diskrete Systeme
 - + Reeller Pol in der z-Ebene
 - + Reelle Nullstelle in der z-Ebene
- 4.2.4 Zeitdiskrete rekursive (IIR) und nichtrekursive (FIR) Systeme
 - + Rekursive IIR-Systeme
 - + Nichtrekursive FIR-Systeme
 - + Eigenschaften des inversen Systems
- 4.2.5 Matrixdarstellung von FIR Systemen
 - + Effiziente Berechnung der linearen Faltung im Frequenzbereich
 - + Eigenwerte und Eigenvektoren einer zyklischen Matrix

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Handschriftliche Entwicklung auf Präsenster und Präsentation von Begleitfolien, Folienscript und Aufgabensammlung im Copyshop oder online erhältlich, Literaturhinweise online.

Literatur

- D. Kreß and D. Irmer, Angewandte Systemtheorie. Oldenbourg Verlag, München und Wien, 1990.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- 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.
- B. Girod and R. Rabenstein, Einführung in die Systemtheorie. Teubner Verlag, 2. Auflage, Wiesbaden, 2003.
- S. Haykin and B. V. Veen, Signals and Systems. John Wiley & Sons, second edition, 2003.
- T. Frey and M. Bossert, Signal- und Systemtheorie. Teubner Verlag Wiesbaden, 1. ed., 2004
- E. W. Kamen and B. S. Heck, Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB, Upper Saddle River, New Jersey, Pearson Prentice Hall, 3rd edition, 2007.
- A. D. Poularikas, Signals and Systems Primer with MATLAB, CRC Press, 2007.

- U. Kiencke and H. Jäkel, Signale und Systeme, Oldenbourg Verlag München, 4. Auflage, 2008.
- D. Kreß and B. Kaufhold, Signale und Systeme verstehen und vertiefen - Denken und Arbeiten im Zeit- und Frequenzbereich, Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010.
- B. L. Daku, MATLAB tutor CD : learning MATLAB superfast!
John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- J. H. McClellan, R. W. Schafer, and M. A. Yoder, Signal Processing First. 2nd ed., 2014.
- E. W. Kamen and B. S. Heck, Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB.
Upper Saddle River, New Jersey 07458: Pearson Education, Inc. Pearson Prentice Hall, third ed., 2007.
- A. D. Poularikas, Signals and Systems Primer with MATLAB.
CRC Press, 2007.
- U. Kiencke and H. Jäkel, Signale und Systeme.
Oldenbourg Verlag München, 4 ed., 2008.
- D. Kreß and B. Kaufhold, "Signale und Systeme verstehen und vertiefen - Denken und Arbeiten im Zeit- und Frequenzbereich," Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010.
- J. H. McClellan, R. W. Schafer, and M. A. Yoder, Signal Processing First.
2nd ed., 2014.

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
 Bachelor Ingenieurinformatik 2013
 Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Wahlbereich Profil 3: Energietechnik(20 LP aus dem Wahlkatalog Profil 3: Energietechnik)

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

Modul: **EFI 1- Energieforschung und Innovationsmethoden 1: Grundlagen**

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200671 Prüfungsnummer: 210533

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 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	V	S	P			
	3	0	0																																	

Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, den Wissenschaftsbetrieb zu verstehen und die wesentlichen Aufgaben eines Wissenschaftlers in den Ingenieurwissenschaften zu nennen. Weiterhin haben sie das Innovationsverfahren Hackathon mit den damit verbundenen Verfahren kennengelernt.

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung fähig, die Struktur wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu benennen. Sie sind in der Lage ein Review einer wissenschaftlichen Publikation durchzuführen.

Nach der Lehrveranstaltung haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand praxisnaher Beispiele gefestigt und können im Team konstruktiv zusammenarbeiten.

Die Studierenden können mit Fachkollegen aus der elektrischen Energieversorgung über themenbezogene Probleme kompetent diskutieren und haben gelernt ihren Standpunkt im Rahmen einer Präsentation zu vertreten.

Vorkenntnisse

Inhalt

1 Einführung

- Einführung in die Thematik
- Wie ist das Semester strukturiert
- Welche Arbeiten stehen an
- Was ist TRL
- Was sind Hausarbeiten etc
- Aufgabe: Erarbeiten von Fragestellungen

2 Wissenschaftsorganisation 1

- Welche Wissenschaftsorganisationen gibt
- Wer darf forschen und wo
- Finanzierung der Forschungseinrichtungen
- Konzept des Peer Reviews
- Aufgabe: Erstellen eines Reviews für ein Paper nach vorgegebenem Raster; Vorstellen des Papers im Rahmen einer Präsentation; Versenden des Reviews zur Diskussion in nächster Veranstaltung

3 Wissenschaftsorganisation 2

- Impact Factor / Hirschfaktor
- Reviews
- Hackathon und Pitches

- Aufgabe: Vorbereitung einer Pitch-Veranstaltung

4 Pitch

- Durchführung Pitch
- Einführung Mentimeter
- Voting
- Aufgabe: Strukturierte Recherche und TOC Erarbeitung für Hackathon

5 Hackathon

- Durchführung Hackathon mit Scrum Master Coaching

6 Strukturierte Verwertung

- Wie strukturiert man eine Verwertung
- Aufteilung in unterschiedliche Gruppe für unterschiedliche Zielgruppen
- Aufgabe: Erarbeitung eines Verwertungsplans

7 Vorstellung Verwertungsplan

- Präsentation entweder im Team in Ilmenau oder während der Exkursion

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Digitale Dokumente

Literatur

Semesteraktuelle Empfehlungen

Detailangaben zum Abschluss

Das Modul EFI 1- Energieforschung und Innovationsmethoden 1: Grundlagen mit der Prüfungsnummer 210533 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 25% (Prüfungsnummer: 2101051)
- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 75% (Prüfungsnummer: 2101052)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

- Vorstellen einer wissenschaftlichen Publikation (mündlich) und Review einer wissenschaftlichen Publikation (schriftlich)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

- Erarbeitung eines Verwertungskonzepts der Ergebnisse eines Hackathons (Anwesenheitspflicht) im Kontext der im Semester vermittelten Innovation- und Forschungsmöglichkeiten (schriftlich (z.B. Präsentationsmaterial) und mündlicher Vortrag mit anschließender Diskussion)
 - Fragenkatalog mit anschließender SWOT für die Untersuchung der im Rahmen von Exkursionen besuchten Innovations- bzw. Forschungseinrichtungen (schriftlich (z.B. Präsentationsmaterial) und mündlicher Vortrag mit anschließender Diskussion)

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
 Master Electrical Power and Control Engineering 2013
 Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Antriebssteuerungen

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min Art der Notengebung: Gestufte Noten
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200644 Prüfungsnummer: 2101019

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 94 SWS: 5.0
 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	2	1																														

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen in der Lage, anhand der Struktur der Regelstrecke einer elektrischen Maschine zielgerichtet einen Regelungsstrukturentwurf zu erstellen. Sie besitzen die Kompetenz, Regelungskonzepte an den jeweiligen elektrischen Maschinentyp (Gleichstrommaschine und permanent erregte Synchronmaschine) anzupassen und simulativ sowie praktisch umzusetzen. Anhand der technologischen Erfordernisse können die Studierenden eine Momenten- bzw. Drehzahl- sowie Lageregelung dimensionieren.

Vorkenntnisse

- Elektrische Maschinen 1 und 2
- Leistungselektronik 1 - Grundlagen

Inhalt

In der Vorlesung werden Kenntnisse aus den leistungselektronisch orientierten Veranstaltungen auf Systeme der Antriebstechnik angewendet. Der Aufbau und die Funktionsweise der leistungs-elektronischen Stellglieder werden als bekannt vorausgesetzt.

- Einleitung/Wiederholung (ICE 3 als Bsp. für ein modernes Antriebskonzept, Vierquad-ranten-betrieb, Grundstruktur eines geregeltten Antriebes)
 - Grundlagen der Mechanik (Translation, geschwindigkeitsabhängiger Impuls, Raketenglei-chung, Sonderfall - konstante Masse, ZDGL, Blockstruktur, Zeitbereich bzw. Laplacebereich, Lösungsansatz für einfache Bewegungsgleichungen, Rotation, drehzahlabhängiger Drehimpuls, Berechnung von Massenträgheitsmomenten einfacher rotationssymmetrischer Körper, nichtlineare Induktivität als elektrisches Analogon, Ge-triebe, Leistungs- und Energiebetrachtungen)
 - Dynamik eines mechanischen Antriebes (Einmassen- und Mehrmassensysteme, Eigen-wertgleichung, PT2-Verhalten, Führungs- und Störgrößenverhalten, Sprungantwort im Zeitbereich für typische Dämpfungsgrade)
 - Gleichstrommaschine (Herleitung der DGL's für das elektrische und mechanische Teil-system, Blockstrukturen der Teilsysteme, elektromechanisches Gesamtsystem, Sonder-fall konstanter Erregungsfluss und stationärer Zustand, Führungs- und Störgrößenver-halten, geringe Dämpfung bei Maschinen großer Bauleistung => konjugiert-komplexe Eigenwerte => starkes Überschwingen, Notwendigkeit der Regelung, 4QS als Stellglied, systematischer Entwurf der Kaskadenregelung, innere Strom- bzw. Drehmomentrege-lung mit überlagerter Drehzahlregelung, EMK-Aufschaltung, Berücksichtigung der Rechentotzeit, Winkel- bzw. Lageregelung)
 - Permanenterregte Synchronmaschine (elektrisches und mechanisches Teilsystem in natür-lichen Koordinaten, Koordinatentransformation in rotierende und ruhende Raum-zeigerkoordinaten, ZDGL's der transformierten Maschine, netzwerkorientiertes und blockorientiertes Ersatzschaltbild, VSC-Mittelwertmodell als Stellglied, Sonderfall sta-tionärer Zustand, Reglerstruktursynthese, Vektorstrom- bzw. Momentregler, Entkopp-ungsregler, Feldschwächebetrieb, überlagerte Drehzahl- bzw. Winkelregelung, Blockstruktur der Regelung mit Koordinatentransformation, 3/2-Wandler, Vektordreher)
 - Anwendungen (Windkraftanlage, Schwungradspeicher)

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Tafelbild, Skript, Simulationsdateien

Literatur

wird in der Vorlesung bekannt gegeben
Schröder "Elektrische Antriebe"

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: **EFI 2 - Energieforschung und Innovationsmethoden 2: Design Thinking**

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200672 Prüfungsnummer: 210534

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dirk Westermann

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	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			
				3	0	0																											

Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, den Design Thinking Prozess zu verstehen und die wesentlichen Prozessschritte zu benennen. Weiterhin haben sie an einem Beispiel Erfahrungen gesammelt, diesen Prozess zu durchlaufen.

Nach der Lehrveranstaltung haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand praxisnaher Beispiele gefestigt und können im Team konstruktiv zusammenarbeiten.

Die Studierenden können Fachleuten erklären, wie der Design Thinking Prozess funktioniert und die Vor- und Nachteile benennen.

Vorkenntnisse

Inhalt

Einführung

- Methodisches Umfeld
- Einordnung der Themenstellungen

Phase 1: Challenge definieren

- "Gemeinsam mit externen Wissenschaftler und/oder allg. Praxispartnern ingenieurmässige Problemstellungen "challenges" definieren
- Voting der Challenges - Auswahlprozess

Phase 2 Design Thinking Process - Teil 1

- "Theorieteil über die im folgenden auszuführenden praktischen Schritte"
- Empathie - Define
- Praxisblock durch das Team

Phase 3 Design Thinking Process - Teil 2

- "Theorieteil über die im folgenden auszuführenden praktischen Schritte"
- Ideate - Prototype - Test
- Praxisblock durch das Team

Phase 4 Ergebnisaufbereitung

- Technische Weiterentwicklung erarbeiten
- Jurysitzung mit Vertretern der Wissenschaft und Anwendung

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Literatur

Semesteraktuelle Handreichungen

Detailangaben zum Abschluss

Das Modul EFI 2 - Energieforschung und Innovationsmethoden 2: Design Thinking mit der Prüfungsnummer 210534 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 25% (Prüfungsnummer: 2101053)
- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 75% (Prüfungsnummer: 2101054)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

- Ausarbeiten und Vorstellungen der ingenieurtechnischen Herausforderung (z.B. Präsentationsmaterial) und mündlicher Vortrag mit anschließender Diskussion)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

- Durchführung und Dokumentation der fünf Prozessschritte
- Aufarbeitung der Ergebnisse und Erarbeitung Weiterentwicklung (z.B. Präsentationsmaterial) und mündlicher Vortrag mit anschließender Diskussion)

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Elektrische Energiesysteme 2 - Systembetrieb

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

Modulnummer: 200519 Prüfungsnummer: 2100856

Modulverantwortlich: 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	V	S	P			
				2	2	0																														

Lernergebnisse / Kompetenzen

Nachdem Studierende die Veranstaltung besucht haben, können sie den Aufbau des Europäischen Verbundnetzes inkl. der maßgeblichen Akteure beschreiben sowie die stationäre Netzberechnung erklären. Sie sind in der Lage Stabilitätsphänomene in elektrischen Netzen und grundlegende Netzschutzprinzipien zu benennen.

Sie können Vorgänge, die zu Blackouts führen sowie den Aufbau eines stationären linearen Netzmodells erklären und Verfahren zur stationären Netzberechnung beurteilen.

Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, Strategien für die Einordnung und Analyse dynamischer Vorgänge im elektrischen Energiesystem zu entwickeln.

Nach dem Besuch der Vorlesung können die Studierenden das Leistungs-Frequenzverhalten in elektr. Energiesystemen bewerten und wesentliche Parameter der Netzregelung zusammenfassen.

Nach dem Seminar haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand ausgewählter Beispiele vertieft.

Nach Beendigung der Veranstaltung können die Studierenden die eigenen Leistungen und die ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und bewerten.

Vorkenntnisse

Grundlagen der Energietechnik,
 Elektrische Energiesysteme 1

Inhalt

1 Grundlagen der Lastflussberechnung

- Knotenadmittanzmatrix
- Stromiterationsverfahren
- Newton Raphson Verfahren

2 Systemführung

- Lastprofile
- Aufbau des Verbundsystems
- Bilanzkreise und Regelzonen
- Aufgaben der Systemführung
- Systemdienstleistungen
- Leistungs-Frequenz-Verhalten
- Netzkennlinienverfahren
- Netzregelverbund
- Spannungsregelung im Netzverbund
- Rolle von Speichern im Netzverbund

3 Netzschutz

- Anforderungen Schutz
- Aufbau Schutzgerät

- Selektivität
- Kriterien
- Überstrom
- Stromdifferenz
- Phasenwinkeldifferenz
- Zeitabhängigkeit

4 Stabilität

- Stabilitätsklassen
- Statische Winkelstabilität
- Transiente Winkelstabilität
- Spannungsstabilität

5 Blackouts

- Blackoutmechanismen
- Fallbeispiele

6 Netzplanung

- Grundbegriffe
- Aktuelle Leitlinien
- Zielnetzplanung
- Netzentwicklungsplan

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlusleistungen in elektronischer Form

Folien, Tafel, Folienumdrucke
Webex, Moodle

Literatur

Fachbücher

- Crastan V., Elektrische Energieversorgung I, Springer Verlag, Berlin, 4. Auflage, Hardcover, DOI10.1007/978-3-662-45985-0, 2015
- Heuck K., Dettmann, K.-D., Schulz, D., Elektrische Energieversorgung, Erzeugung, übertragung und Verteilung elektrischer Energie für Studium un Praxis, 9. Auflage, Springer Vieweg, DOI 10.1007/978-3-8348-2174-4, 2013
- Oswald B., Berechnung von Drehstromnetzen, Berechnung stationärer und nichtstationärer Vorgänge mit Symmetrischen Komponenten und Raumzeigern, 3. Auflage, Springer Verlag Berlin, DOI 10.1007/978-3-658-14405-0, 2017
- Schwab, A., Elektroenergiesysteme, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 4. Auflage, DOI10.1007/978-3-662-46856-2, 2015
- Oeding D, Oswald B, Elektrische Kraftwerke und Nertze, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 8. Auflage, DOI10.1007/978-3-662-52703-0, 206
- Kundur, Prabha: Power System Stability and Control, McGraw-Hill, New York, Toronto, ISBN 0-07-045958-X, 1993

Weitere Bücher

- Elsberg M, Blackout -Morgen ist es zu spät, 9. Auflage, Blanvaler Verlag München, 2012 (<http://www.blackout-das-buch.de>)

Youtube

- Steuerzentralen deutscher Energienetze - <https://www.youtube.com/watch?v=3IEgVolkyNU>
- Blackout Deutschland Ohne Strom - Deutsch Doku - <https://www.youtube.com/watch?v=p8wOV88ewIU>
- Abenteuer Forschung - Blackout - Geht uns das Licht aus? - <https://www.youtube.com/watch?v=g0fR-o16bLk>
- Hochspannung - Dokumentation von NZZ Format - <https://www.youtube.com/watch?v=2MnaldqIHIA>
- A Day In The Life Of The Grid - <https://www.youtube.com/watch?v=YKnJkh9p9vA>

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB

Technische Voraussetzung: webex https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpsl-pand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Elektrische Energiesysteme 3 - Netzleittechnik und Systemanalyse

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200518 Prüfungsnummer: 210489

Modulverantwortlich: 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

Nach dem Abschluss der Lehrveranstaltung können die Studierenden den Aufbau eines Netzleitsystems, beschreiben.
 Sie können Methoden der stationären Netzberechnung, das grundlegende Prinzip der State Estimation sowie das Grundprinzip der Lastflussoptimierung erklären und selbstständig eine stationäre Lastflußanalyse durchführen.
 Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, Strategien für den Einsatz der kennengelernten Methoden und Verfahren unter praktischen Randbedingungen zu präsentieren.
 Nach dem Besuch der Vorlesung können die Studierenden die erworbenen Kenntnisse bezüglich der Energiesysteme bewerten.
 Nach dem Seminar haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand ausgewählter Beispiele vertieft.
 Nach Abschluss der Veranstaltung können die Studierenden die eigenen Leistungen und die ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und bewerten.

Vorkenntnisse

Modul "Elektrische Energiesysteme 1" ; Abschluss des Softwareprojektes vor dem Ablegen der Prüfung

Inhalt

1 Grundlagen Netzleittechnik

- Netzzustände
- Aufbau Netzleitsystem
- OSI/ISO Schichtenmodell
- Relevante Protokolle
- HEOs
- Digitalisierung der Energiewende

2 PMUs und Wide Area Monitoring Systems

- Aufbau von PMU
- Von der PMU zum Wide Area Monitoring System
- Wide Area Control Systems
- Anwendungsbeispiele

3 Verfahren zur Lastflussberechnung

- Knotenklassifizierung
- Newton Raphson Verfahren)
- Schnelle entkoppelte Lastflussberechnung
- DC Lastfluss
- PTDF PSDF Faktoren
- Takahashi Methode

4 Anwendungsaspekte Lastflussrechnung

- Slackkonzepte
- Ward Ersatznetzverfahren
- REI Ersatznetzverfahren
- Sparse Matrix Ansatz
- Netzsicherheitsrechnung
- Einsatz in der Betriebspraxis
- Netzdatenformate

5 Fehlerberechnung - Impedanzmatrixverfahren

- Fehlerarten
- Überlagungssatz / Satz von Thevenin
- Symmetrische Fehlerstromberechnung
- Symmetrische Komponentendarstellung
- Unsymmetrische Fehlerstromrechnung

6 State Estimation

- Estimationsprinzip
- Linear State Estimation
- Nichtlineare State Estimation
- Hybride State Estimation

7 Optimaler Lastfluss und Optimierungsverfahren

- Merit Order Modell
- Optimierungsinstanzen und -horizonte
- Klassische Lastverteilung
- Optimal Power Flow

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Tafelbild, Powerpoint, Folienumdrucke, Wissenschaftliche Aufsätze
Webex, Moodle

Literatur

Fachbücher

- Oswald B., Berechnung von Drehstromnetzen, Berechnung stationärer und nichtstationärer Vorgänge mit Symmetrischen Komponenten und Raumzeigern, 3. Auflage, Springer Verlag Berlin, ISBN 978-3-658-14404-3, eBook ISBN 978-3-658-14405-0, DOI 10.1007/978-3-658-14405-0, 2017
- Heuck K., Dettmann, K.-D., Schulz, D., Elektrische Energieversorgung, Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie für Studium und Praxis, 9. Auflage, Springer Vieweg, ISBN , 978-3-8348-1699-3, eBook ISBN 978-3-8348-2174-4, DOI 10.1007/978-3-8348-2174-4, 2013
- Crastan V., Elektrische Energieversorgung I, Springer Verlag, Berlin, 4. Auflage, Hardcover ISBN978-3-662-45984-3, eBook ISBN978-3-662-45985-0, DOI10.1007/978-3-662-45985-0, 2015
- Kundur, Prabha: Power System Stability and Control, McGraw-Hill, New York, Toronto, ISBN 0-07-045958-X, 1993
- Handschin, E.: Elektrische Energieübertragungssysteme, Huething, 1997
- Rumpel, D.; Sun, J.: Netzleittechnik, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, 1989

Youtube

- Steuerzentralen deutscher Energienetze - <https://www.youtube.com/watch?v=3IEgVolkyNU>
- Die Netzleitstelle der TEN Thüringer Energienetze - <https://www.youtube.com/watch?v=HwJNjaldUKs>
- Transmission Control Center von 50Hertz - <https://www.youtube.com/watch?v=cbBdiYUZs0U>
- GE, The Grid control room - <https://www.youtube.com/watch?v=ZJ3Wd9iLRjw>
- What does the Main Grid Control Centre do? - <https://www.youtube.com/watch?v=fPrz0BkZzK8>
- Systemführungsingenieur, TransnetBW- <https://www.youtube.com/watch?v=jocRKuMFKZo>

Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Elektrische Energiesysteme 3 - Netzleittechnik und Systemanalyse mit der Prüfungsnummer 210489 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- mündliche Prüfungsleistung über 20 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2100854)
- alternative semesterbegleitende Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2100855)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Softwareprojekt (unbenotet), muss mindestens bestanden werden.

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB

Technische Voraussetzung: webex https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpsl-pand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Details zum Abschluss Teilleistung 2:
benotetes Praktikum (4 Versuche)

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Energieeinsatzoptimierung - Grundlagen

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

Modulnummer: 200571 Prüfungsnummer: 2100913

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Bretschneider

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2167

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 haben Kenntnisse in:

- Energieversorgungssysteme Strom, Gas und Wärme/Kälte
- Cross-sektorale Energiesysteme - Sektorenkopplung Strom, Wärme/Kälte, Gas, Wasser, Mobilität, Produktion
- Liberalisierte Energiemärkte Strom und Gas
- Regulatorische Rahmenbedingungen und die zu unterstützenden Markt- und Kommunikationsprozesse
- Energietechnische und energiewirtschaftliche Planungs- und Betriebsführungsprozesse
- Aufgaben, Methoden und Prozesse des Energiemanagements und Energiedatenmanagements
- Signal- und Prozessanalysemethoden zur datenbasierten Modellbildung
- Methoden zur Primärdatenaufbereitung
- Deterministische und stochastische Methoden zur Energieprognose
- Vorgehensweise und Modellierung energiewirtschaftlicher Problemstellungen
- Optimierungsverfahren für lineare und gemischt ganzzahlige Problemstellungen

Erwerb von Kompetenzen

- Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die Grundlagen energietechnischer und energiewirtschaftlicher Prozesse zu erklären sowie die Leistungsfähigkeit und Grenzen der betrachteten Verfahren abzuleiten.
- Die Studierenden sind nach der Vorlesung befähigt, zwischen den markt- und netzseitigen Aufgaben und Anforderungen für die optimale Betriebsführung zu unterscheiden.
- Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, die unterschiedlichen Anforderungen an die Methoden zur Primärdatenaufbereitung zu beurteilen und darauf basierend plausibilisierte Daten zu erzeugen und technische Kennwerte zu bestimmen.
- Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls verschiedene Methoden zur Zeitreihenanalyse und -vorhersage zusammenfassen.
- Die Studierenden können die Methoden zur Energieeinsatzoptimierung beurteilen und sind fähig, Optimierungsmodelle zu erstellen und korrekt zu lösen.
- Nach dem Besuch eines rechnergestützten Seminars können die Studierenden die Eigenschaften relevanter Optimierungsmodelle beurteilen.
- Nach Abschluss des Modules können die Studierenden in Beziehungen zu ihren Mitmenschen der Situation angemessen zu handeln.

Vorkenntnisse

Wünschenswerte Vorkenntnisse:

- Grundlagen elektrischer Energieversorgungssysteme
- Grundlagen der Prozess- und Datenanalyse
- Physikalische Grundlagen im Bereich thermischer Prozesse
- Mathematische Grundlagen im Bereich der Optimierung

Inhalt

Einführung in die Energieeinsatzoptimierung: Energietechnische und energiewirtschaftliche Grundlagen; Liberalisierte Energiemärkte mit den resultierenden Marktrollen und zu unterstützenden Marktkommunikations- und Informationsverarbeitungsprozesse; Grundlagen zur Primärdatenaufbereitung, Zeitreihenanalyse- und -prognose sowie zur Modellierung und Optimierung energiewirtschaftlicher Problemstellungen; Aufbau und Funktion von Energiemanagement- und Energiedatenmanagementsystemen.

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Präsenz- oder Online-Veranstaltung möglich

- Präsenzveranstaltung: Präsentation mit Beamer, Tafelbilder, Aushändigung der entsprechenden Skripte
- Online-Veranstaltung: Präsentation per Web-Konferenz

Literatur

- Bazaraa, Serali, Shetty: "Nonlinear Programming: Theory and Algorithms", 3. Auflage, John Wiley & Sons, Inc., 2014,
- Bomze, I. M., Grossmann, W.: "Optimierung - Theorie und Algorithmen - Eine Einführung in Operation Research für Wirtschaftsinformatiker", Wissenschaftsverlag Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich 1993, ISBN 3-411-15091-2
- Bonnans, J.-F., Gilbert, J.C., Lemarechal, C., Sagastizábal, C.A.: "Numerical Optimization", Springer, ISBN 978-3-540-35447-5
- K.H. Borgwardt, "Optimierung, Operation Research, Spieltheorie: Mathematische Grundlagen", Birkenhäuser, 2001
- S. I. N. Bronstein, K.A. Semendjajew, G. Grosche, V. Ziegler, D. Ziegler: "Teubner-Taschenbuch der Mathematik", Teuber Stuttgart, Leipzig 1996
- M. Kaltschmidt, W. Streicher, A. Wiese: "Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 4. Auflage, Springer-Verlag Heidelberg, 1993, 1997, 2003, 2006, ISBN-10 3-540-28204-1
- Siegfried Heiler, Paul Michels: "Deskriptive und Explorative Datenanalyse", R. Oldenbourg Verlag GmbH, 1994, ISBN 978-3-486-22786-4
- J. Karl: "Dezentrale Energiesysteme - Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt", De Gruyter Oldenbourg, 2012, 2. Auflage, ISBN 978-3486577228
- Lothar Sachs: "Angewandte Statistik - Anwendung statistischer Methoden", 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1999, ISBN 978-3-662-05750-6
- Benjamin Schleinzler: "Flexible und hierarchische Multiagentensysteme", VDM Verlag, 2008, ISBN 9783639025736
- R. Schlittgen, B. Streitberg: "Zeitreihenanalyse", R. Oldenbourg Verlag GmbH, 9. Auflage, München, 2001, ISBN: 978-3486257250
- Rainer Schlittgen: "Multivariate Statistik", Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2009, ISBN 978-3486585957
- Alireza Soroudi: "Power System Optimization Modeling in GAMS", Springer 2017, ISBN 978-3-319-62349-8
- Winfried Stier: "Methoden der Zeitreihenanalyse", Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2001, ISBN 3-540-41700-1
- Wernstedt, Jürgen: "Experimentelle Prozessanalyse"; Verlag Technik, Berlin 1989
- Zell: "Simulation neuronaler Netze", 4. unveränderter Nachdruck, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH München, 2003, ISBN 3-486-24350-0

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB

Dauer: 30 Minuten

Technische Voraussetzung: webex https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
Master Regenerative Energietechnik 2016
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Microcontroller und Signalprozessortechnik 1

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

Modulnummer: 200558 Prüfungsnummer: 2100900

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0							
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 2 1								

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen in der Lage, die wichtigsten Hardwarekomponenten von Steuerbaugruppen der elektrischen Energietechnik in die verschiedenen Kategorien und Prinzipien einzuordnen und zu verstehen.

Sie sind mit den Grundkenntnissen der Mikrorechnerprogrammierung vertraut.

Sie können grundlegende Softwaretools für gewünschte Anwendungen auswählen, in der Praxis modifizieren und in Betrieb nehmen.

Sie sind befähigt, einfache Anwendungsbeispiele von Steuer- und Regelverfahren analog und digital umzusetzen.

Vorkenntnisse

Inhalt

Vorlesungsinhalte:

- . Einleitung
- Analoge Timer.- bzw. PWM-Schaltkreise
- Vorteile der digitalen Signalverarbeitung
- . Analoge Schaltungen
- OPV-Schaltungen
- Strommessung (LEM, Widerstand)
- Spannungsmessung
- Analoge PWM
- . Peripherie Einheiten Microcontroller/DSP
- Kommunikation
- Analog-Digital-Wandler, Digital-Analog-Wandler
- CPU, Speicher
- Programm laden,
- PWM-Einheiten
- PLL
- . Software (Softskills)
- C-Crashkurs
- Softwarestrukturen/Grundsätze der Softwareentwicklung
- Programmstruktur & Interruptstruktur
- Debuggen
- . Anwendungsbeispiele
- DC-DC-Steller, Phase-Shifting-Modulation, I/U-Messung
- Zweipunktspannungswechselrichter, Pulsweitenmodulation, Unterschwingungsverfahren, I/U-Messung

Seminarinhalte:

- . Invertierender Operationsverstärker
- . Nichtinvertierender Operationsverstärker
- . Integrierer
- . OPV-Schaltungen in der Regelungstechnik
- PT1-Glied

- PI-Regler
- . OPV-Schaltungen in der Messtechnik
- . HystereseKomparator
- . Peripherieeinheiten DSP-Beispiel
- . Digitale Ansteuerschaltungen für Pulssteller
- . Beispiel DC-DC-Steller (interleaved)
- . Pulsweitenmodulation für Pulswechselrichter, Vollbrücken
- . Ansteuerung Leistungselektronik
- . Kommunikationsbeispiel

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Arbeitsblätter

Dokumentation zum eingesetzten Prozessor

Dokumentation zu den Programmierertools

Literatur

Handbuch zu Microcontrollern der Serie c167 von Infineon

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Aktive Filter und Leistungsflussregelung in elektrischen Netzen

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

Modulnummer: 200564 Prüfungsnummer: 2100906

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2161

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	1																								

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen 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. 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

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

Inhalt

Wird im Masterstudium angesiedelt und thematisiert den Einsatz von leistungselektronischen Stellgliedern (meist als Mittelwertmodell) zur Verbesserung der Elektroenergiequalität bzw. zur Beeinflussung des Energieflusses (vorwiegend am Bsp. von AC-Netzen). Viele Grundprinzipien lassen sich auf DC- bzw. Mischstromnetze (AC-DC) übertragen. Die Übungen erfolgen hier ebenfalls simulativ. Dafür notwendige Simulationsmodelle sind in umfangreicher Form vorhanden.

- Einleitung/Wiederholung (Unterscheidung spannungs- und stromeinprägende nichtlineare Lasten, Notwendigkeit von seriellen und parallelen Filterstrukturen, passive und aktive Filter, Hybridfilter, Analyse des idealen 6p-Thyristorbrückennetzstromes in Raumzeiger-Koordinaten, typische Strom-OS netzgelöschter Topologien, Mit- bzw. Gegensystemkomponenten, Einfluss auf die Reglerstruktursynthese, Synthese Wechselgrößen-PI-Regler, Tiefpass- Bandpass-transformation)
 - Klassische passive Kompensationsmaßnahmen (Exkurs in die Netzberechnung, Kurzschlussleistung, R/X-Verhältnis, IFC-Bestimmung, Normen der EEQ, unverdrosselte und verdrosselte Kondensatoranlagen, Einsatz von Saugkreis-Anlagen, Auswirkungen auf die IFC)
 - Paralleles aktives Filter (Kompensation von stromeinprägenden nichtlinearen Lasten, Abhängigkeit des Kompensationsprinzips von der Dynamik (Pulsfrequenz) des Stellgliedes, breitbandige Kompensation, frequenzselektive Kompensation von Stromober-schwingungen (OS), Konzept der Parallelschaltung von selektiv abgestimmten Ober-schwingungsreglern, Bodediagramm der geschlossenen Schleife, Führungs- und Störgrößenübertragungsfunktion)
 - Serielles aktives Filter (Kompensation von spannungseinprägenden nichtlinearen Lasten, Schutz sensibler Lasten vor Spannungseinbrüchen, Analyse der Streckeneigenschaften, Reglerstruktursynthese, Vektorstrom-

mit überlagertem Vektorspannungsregler)

- Unified Power Quality Conditioner - UPQC (Topologie in RZ-Koordinaten, Kombination der beiden Regelungsprinzipien, simulative Untersuchung der Wirkungsweise)
- Parallelschaltung von VSC im AC-Inselnetz (Kennlinienverfahren, gekoppelte nichtlineare Oszillatoren, Stabilitätsbetrachtungen, Synchronisationsvorgänge, Verfahren der virtuellen Innenwiderstände zum Aufbau von DC-Netzen, Konzept Mischstromnetz)

Einsatz leistungselektronischer Betriebsmittel in verteilten Energiesystemen (Unified Power Flow Controller - UPFC, Einmaschinen-Problem, aktive Dämpfung von Leistungsschwingungen, Konzept virtuelle Massenträgheit)

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

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

Literatur

wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
Master Electrical Power and Control Engineering 2013
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Einführung in die Hochspannungstechnik

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

Modulnummer: 200630 Prüfungsnummer: 2100996

Modulverantwortlich: 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 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 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 wurde geschult.
 In den Seminaren wurden besonders die Inititative, die Teamorientierung und die Arbeitsorganisation herausgebildet und weitere Elemente der Methoden- und Sozialkompetenz geübt und vermittelt.
 Mit den in der Vorlesung und den Seminaren erworbenen Kenntnissen ist es den Studierenden möglich, am wissenschaftlichen Diskurs zu aktuellen Fragenstellungen der Hochspannungstechnik teilzunehmen und an sie gerichtete Fragen aktiv zu beantworten.

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 und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013
 Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
 Master Electrical Power and Control Engineering 2013
 Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021

Modul: Energieeinsatzoptimierung multimodaler Energieversorgungssysteme

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

Modulnummer: 200572 Prüfungsnummer: 2100914

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Bretschneider

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2167

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 haben Kenntnisse in:

- Sektorengekoppelte (cross-sektorale) Energiesysteme
- Entscheidungshilfesysteme (Assistenzsysteme) für die optimale Prozessführung
 - Aufgaben von Entscheidungshilfesystemen
 - Entscheidungskonzepte
 - Entwurfsgrundlagen
 - Wissenstypen und Wissensermittlung
 - Einordnung von Experten-, Beratungs- und Entscheidungshilfesystem
 - Planungsebenen in der Energiewirtschaft
- Entscheidungstheorie
 - Grundmodelle
 - Entscheidungssituationen (Sicherheit, Risiko, Unsicherheit und Spielsituation)
- Automatische Klassifikation
 - Merkmale, Objekte und Klassen
 - Klassifikatortypen: Deterministische Klassifikatoren, Fuzzy-Klassifikatoren, Neuronale Netz-Klassifikatoren, Bayes Klassifikatoren, Abstandsklassifikatoren
- Klassifikatorentwurf
- Fuzzy Systeme
 - Grundlagen der Fuzzy-Theorie
 - Konzepte von Zugehörigkeitsfunktionen
 - Fuzzyifizierung, Fuzzy-Regel-Verarbeitung und Defuzzyifizierung
 - Modellbildung mit Fuzzy-Systemen
- Neuronale Netze
 - Grundlagen künstlicher neuronaler Netze
 - Lernverfahren Back Propagation Verfahren
 - Modellbildung mit Neuronalen Netzen (Statik, Dynamik)
- Methoden zur Energiezeitreihenprognose
 - Prozess-, System- und Signalmodell
 - Vorgehensweise der experimentellen Modellbildung
 - Grundansatz für die Modellbildung
 - Ausgewählte Ansätze zur Zeitreihenprognose

- Methoden zur Energieeinsatzoptimierung:
 - Optimierungsverfahren und Anwendungsgebiete
 - Identifikation der Problemstellung, Festlegung des Bilanzraumes und Modellierung der energiewirtschaftlichen Problemstellung
 - Szenarien- und Variantenrechnung
- Multiagentensysteme für die dezentrale, verteilte optimale Entscheidungsfindung
 - Grundlagen, Begrifflichkeiten
 - Anwendungsgebiete
 - Ziele und Interaktion von Agenten
 - Lernverfahren

Erwerb von Kompetenzen

- Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die Sektorenkopplung und somit cross-sektorale Energiesysteme zu erklären sowie die Vor- und Nachteile und die damit verbundenen Herausforderungen abzuleiten.
 - Die Studierenden sind nach der Vorlesung befähigt, zwischen den markt- und netzseitigen Aufgaben und Anforderungen für die optimale Betriebsführung cross-sektoraler Energiesysteme zu unterscheiden.
 - Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, die Einsatzmöglichkeiten von Entscheidungshilfesystemen (Assistenzsysteme) für die Problemstellungen der Energieeinsatzoptimierung zu erläutern.
 - Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls mit verschiedenen Ansätzen und Methoden der Entscheidungstheorie, der automatischen Klassifikation, der Fuzzy-Systeme und der künstlichen Neuronalen Netze vertraut.
 - Ferner sind die Studierenden am Ende der Veranstaltung befähigt, energiewirtschaftliche Problemstellungen mit den Methoden der Energieeinsatzoptimierung oder der Multi-Agenten-Systeme zu lösen.
 - Nach dem Besuch eines rechnergestützten Seminars können die Studierenden die Eigenschaften relevanter Optimierungsmodelle beurteilen.
 - Die Studierenden beurteilen die Methoden zur Energieeinsatzoptimierung und sind fähig, Optimierungsmodelle zu erstellen und korrekt zu lösen.
 - Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden in Beziehungen zu ihren Mitmenschen der Situation angemessen zu handeln.

Vorkenntnisse

Wünschenswerte Vorkenntnisse:

- Grundlagen elektrischer Energieversorgungssysteme
- Grundlagen der Prozess- und Datenanalyse
- Physikalische Grundlagen im Bereich thermischer Prozesse
- Mathematische Grundlagen im Bereich der Optimierung

Inhalt

Energieeinsatzoptimierung für multimodale Energiesysteme: Versorgungsmedien- und sektorenübergreifende Energiesysteme, Zeitreihenanalyse- und -prognose: Mathematische Methoden zur Analyse und Identifikation von linearen und nichtlinearen Energiezeitreihen (Bedarf, und Erzeugung), Erstellung geeigneter Prognosemodelle und Methoden zur Bewertung der Prognosegüte; Verfahren zur Energieeinsatzoptimierung: Linear, gemischt ganzzahlig und nichtlinear; Vorgehensweise zur Modellierung und Erstellung von mathematischen Optimierungsaufgaben; Übungen zur Energieprognose und zur Energieeinsatzoptimierung

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Präsenz- oder Online-Veranstaltung möglich

- Präsenzveranstaltung: Präsentation mit Beamer, Tafelbilder, Aushändigung der entsprechenden Skripte
- Online-Veranstaltung: Präsentation per Web-Konferenz

Literatur

- Bazaraa, Sherali, Shetty: "Nonlinear Programming: Theory and Algorithms", 3. Auflage, John Wiley & Sons,

Inc., 2014,

- Bomze, I. M., Grossmann, W.: "Optimierung - Theorie und Algorithmen - Eine Einführung in Operation Research für Wirtschaftsinformatiker", Wissenschaftsverlag Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich 1993, ISBN 3-411-15091-2
- Bonnans, J.-F., Gilbert, J.C., Lemarechal, C., Sagastizábal, C.A.: "Numerical Optimization", Springer, ISBN 978-3-540-35447-5
- K.H. Borgwardt, "Optimierung, Operation Research, Spieltheorie: Mathematische Grundlagen", Birkenhäuser, 2001
- S. I. N. Bronstein, K.A. Semendjajew, G. Grosche, V. Ziegler, D. Ziegler: "Teubner-Taschenbuch der Mathematik", Teuber Stuttgart, Leipzig 1996
- M. Kaltschmidt, W. Streicher, A. Wiese: "Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 4. Auflage, Springer-Verlag Heidelberg, 1993, 1997, 2003, 2006, ISBN-10 3-540-28204-1
- Siegfried Heiler, Paul Michels: "Deskriptive und Explorative Datenanalyse", R. Oldenbourg Verlag GmbH, 1994, ISBN 978-3-486-22786-4
- J. Karl: "Dezentrale Energiesysteme - Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt", De Gruyter Oldenbourg, 2012, 2. Auflage, ISBN 978-3486577228
- Koch, M., Kuhn Th., Wernstedt, J.: "Fuzzy Control"; Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München 19896
- Lothar Sachs: "Angewandte Statistik - Anwendung statistischer Methoden", 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1999, ISBN 978-3-662-05750-6
- Benjamin Schleinker: "Flexible und hierarchische Multiagentensysteme", VDM Verlag, 2008, ISBN 9783639025736
- R. Schlittgen, B. Streitberg: "Zeitreihenanalyse", R. Oldenbourg Verlag GmbH, 9. Auflage, München, 2001, ISBN: 978-3486257250
- Rainer Schlittgen: "Multivariate Statistik", Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2009, ISBN 978-3486585957
- Alireza Soroudi: "Power System Optimazation Modeling in GAMS", Springer 2017, ISBN 978-3-319-62349-8
- Winfried Stier: "Methoden der Zeitreihenanalyse", Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2001, ISBN 3-540-41700-1
- Wernstedt, Jürgen: "Experimentelle Prozessanalyse"; Verlag Technik, Berlin 1989
- Zell: "Simulation neuronaler Netze", 4. unveränderter Nachdruck, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH München, 2003, ISBN 3-486-24350-0

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

Prüfungsgespräch (mündliche Abschlussleistung) in Distanz nach §6a PStO-AB

Dauer: 30 Minuten

Technische Voraussetzung: webex https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpslpand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Master Electrical Power and Control Engineering 2013

Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Regenerative Energietechnik 2016

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Leistungselektronik 1 - Grundlagen

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

Modulnummer: 200554 Prüfungsnummer: 2100896

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 94 SWS: 5.0
 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	2	1																								

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen 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 nach dem Praktikum 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

- Behandelt einführend den stationären Zustand von leistungselektronischen Schaltungen, wobei durch ausreichende Vereinfachung eine analytische Lösung angestrebt wird. Die Übungen vertiefen diesen konzeptionellen Ansatz durch Beispiele mit Zahlenwertrechnung.
 - Einführung in Kommutierungs- und Schaltvorgänge
 - Systematisierung leistungselektronischer Schaltungskonzepte (selbst- netzgeführt, Spannungs- bzw. Stromzwischenkreis)
 - Pulsstellerschaltungen (vertiefende Behandlung des Tiefsetzstellers, mögliche Schaltzustände, Lösung der Netzwerk-DGL je Zustand im Zeitbereich, Analyse des stationären Zustandes im Frequenzbereich, Fourieranalyse der einstellbaren Gleichspannung, Gleichgrößen- und Wechselgrößen-ESB, Berechnung der Fourierreihe des Stromes unter Verwendung des Überlagerungssatzes, zeitvarianter Leistungsfluss, mittlerer Leistungsfluss)
 - Selbstgeführter Zweilevel-Spannungswechselrichter (stationärer Zustand, getakteter Betrieb, natürliche Koordinaten, rot. Raumzeigerkoordinaten, Grundschwingungersatzschaltbild, stationärer Grundschwingungs-Leistungsfluss, Grundprinzip HGÜ, Grundlagen PWM, Mittelwertmodell)
 - netzgeführte Stromrichter mit Strom-Zwischenkreis, Thyristorstromrichter (zweipulsige Schaltung, stationärer Zustand, ideale Stromrichtertheorie, Stromkommutierung, Leistungs-betrachtungen, dreipulsige Schaltung, sechspulsige Schaltung, Grundprinzip HGÜ)

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Skript, Arbeitsblätter, Simulationstools, Anschauungsmaterial, Laborversuche

Literatur

wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Modul: Projekt-/ Forschungsseminar EET

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200634

Prüfungsnummer: 210521

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Frank Berger

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0							
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			0 3 0							

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden der Lehrveranstaltung können nach deren Beendigung aktuelle fachspezifische Forschungsthemen benennen. Sie sind in der Lage die Auswirkungen eines Forschungsprojektes auf die zukünftige Technikentwicklung zu interpretieren. Nach der Bearbeitung des Forschungsprojektes sind sie im Stande eigenständig neue Forschungsaufgaben zu formulieren und können mit Unterstützung zur Entwicklung des Wissens in einer oder mehreren Gebieten der Disziplin beitragen. Nach Abschluss des Projektes sind sie in der Lage, Forschung innerhalb der Disziplin hinsichtlich ihrer Nützlichkeit einzuschätzen. Nach Projektabschluss sind sie in der Lage, in einem Team herausgehobene Verantwortung zu übernehmen.

In den Übungen, Präsentationen und anschließenden Diskussionen während des Semesters lernten die Studierenden andere Meinungen gelten zu lassen und Kritik sowie Hinweise zu akzeptieren. Sie sind durch das bisher erlangte Wissen in der Lage, ihre Überzeugung klar zu kommunizieren.

Vorkenntnisse

Grundkenntnisse Elektrische Geräte und Anlagen und vertiefende Kenntnisse in der gewählten Vertiefungsrichtung

Inhalt

ausgewählt aus aktuellen Forschungsgebieten bzw. Industrieprojekten der gewählten Spezialisierung

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

PC

Literatur

entsprechend der aktuellen Forschungsschwerpunkte und gewählter Vertiefungsrichtung

Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Projekt-/ Forschungsseminar EET mit der Prüfungsnummer 210521 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 70% (Prüfungsnummer: 2101002)
- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 30% (Prüfungsnummer: 2101003)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

Ausgabe von Forschungsthemen erfolgt zu Beginn des Semesters. Erarbeitung eines 15 - 20seitigen Beleges. Die Note des Beleges geht zu 70% in die Modulnote ein.

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Die Note für die zugehörige mündliche Prüfung/Verteidigung des Beleges geht zu 30% in die Modulnote ein.

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul: Technologie der Schaltgeräte

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

Modulnummer: 200631 Prüfungsnummer: 2100997

Modulverantwortlich: 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 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 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 sind ausgeprägt. Mit den in der Vorlesung erworbenen Kenntnissen ist es den Studierenden möglich sich aktiv an themenspezifischen Diskussionen in den Übungen zu beteiligen. Sie können am wissenschaftlichen Diskurs aktiv teilnehmen und an sie gerichtete Fragen schöpferisch beantworten.

Vorkenntnisse

Elektrische Energietechnik, Lichtbogen- und Kontaktphysik, Elektrotechnische Geräte und Anlagen 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 und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Foliensatz, Video, Exponate, Prospekte, Vorführungen

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

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
- Master Electrical Power and Control Engineering 2013
- Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021
- Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET
- Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Modul aus dem Wahlkatalog Wirtschaftswissenschaften und Recht bzw. den Wahlkatalogen in den Schwerpunkten

Fachabschluss: Prüfungsleistung

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache:

Pflichtkennz.:Wahlmodul

Turnus:ganzjährig

Fachnummer: 0000

Prüfungsnummer:91201

Fachverantwortlich:

Leistungspunkte: 0	Workload (h):0	Anteil Selbststudium (h):0	SWS:0.0
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien			Fachgebiet:242

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

Vorkenntnisse

Inhalt

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form

Literatur

Detailangaben zum Abschluss

alternative Abschlussform aufgrund verordneter Coronamaßnahmen inkl. technischer Voraussetzungen

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Maschinenbau 2017
 Diplom Maschinenbau 2021
 Bachelor Medienwirtschaft 2015
 Bachelor Polyvalenter Bachelor mit Lehramtsoption für berufsbildende Schulen - Metalltechnik 2013 Vertiefung
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung BT
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung MNE
 Bachelor Polyvalenter Bachelor mit Lehramtsoption für berufsbildende Schulen - Elektrotechnik 2013
 Bachelor Informatik 2010
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB
 Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung MB
 Master Allgemeine Betriebswirtschaftslehre 2013
 Bachelor Medientechnologie 2021
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung MB
 Bachelor Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft 2012
 Master Micro- and Nanotechnologies 2021
 Master Informatik 2021
 Bachelor Mathematik 2013
 Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung ET
 Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
 Master Wirtschaftsinformatik 2021

Bachelor Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft 2013
Master Media and Communication Science 2021
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011
Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021
Bachelor Fahrzeugtechnik 2021
Bachelor Informatik 2021
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013
Bachelor Ingenieurinformatik 2021
Bachelor Mathematik 2009
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung AT
Master Ingenieurinformatik 2014
Master Medientechnologie 2013
Bachelor Werkstoffwissenschaft 2013
Bachelor Mathematik 2021
Master Biotechnische Chemie 2020
Bachelor Polyvalenter Bachelor mit Lehramtsoption für berufsbildende Schulen - Elektrotechnik 2013 Vertiefung
Master Medienwirtschaft 2018
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung MB
Master Regenerative Energietechnik 2013
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2014
Master Biomedizinische Technik 2021
Master Technische Physik 2013
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021
Master Elektrochemie und Galvanotechnik 2013
Bachelor Maschinenbau 2021
Bachelor Ingenieurinformatik 2013
Master Biomedizinische Technik 2014
Master Research in Computer & Systems Engineering 2016
Bachelor Biotechnische Chemie 2013
Master Werkstoffwissenschaft 2013
Bachelor Medienwirtschaft 2013
Bachelor Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft 2021
Master Wirtschaftsinformatik 2018
Master Wirtschaftsinformatik 2014
Master Ingenieurinformatik 2021
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2013 Vertiefung AM
Bachelor Technische Physik 2013
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010
Bachelor Polyvalenter Bachelor mit Lehramtsoption für berufsbildende Schulen - Elektrotechnik 2013 Vertiefung
Bachelor Polyvalenter Bachelor mit Lehramtsoption für berufsbildende Schulen - Metalltechnik 2013 Vertiefung
Master Medienwirtschaft 2021
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung MB
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
Master Optische Systemtechnik/Optronik 2017
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014
Master Communications and Signal Processing 2021
Master Micro- and Nanotechnologies 2016
Bachelor Medienwirtschaft 2021
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
Master Research in Computer & Systems Engineering 2012
Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung MB
Bachelor Mechatronik 2021
Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
Master Medien- und Kommunikationswissenschaft/Media and Communication Science 2013
Bachelor Biotechnische Chemie 2021
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT
Bachelor Informatik 2013
Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2008
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung ATE

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung ET
Master Maschinenbau 2017
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET
Bachelor Angewandte Medienwissenschaft 2011
Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013
Master Ingenieurinformatik 2009
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018
Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
Bachelor Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft 2009
Master Elektrochemie und Galvanotechnik 2021
Master Medientechnologie 2017
Bachelor Werkstoffwissenschaft 2021
Bachelor Angewandte Medienwissenschaft 2008
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013
Bachelor Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft 2014
Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021
Master Communications and Signal Processing 2013
Bachelor Medientechnologie 2013
Master Medienwirtschaft 2014
Master Electrical Power and Control Engineering 2008
Bachelor Biomedizinische Technik 2021
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung BT
Master Fahrzeugtechnik 2009
Bachelor Angewandte Medien- und Kommunikationswissenschaft 2008
Master Wirtschaftsinformatik 2015
Bachelor Optische Systemtechnik/Optronik 2013
Bachelor Angewandte Medienwissenschaft 2009
Bachelor Polyvalenter Bachelor mit Lehramtsoption für berufsbildende Schulen - Metalltechnik 2013
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung BT
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung BT
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2013 Vertiefung WM
Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung BT
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015
Master Medienwirtschaft 2015
Master Werkstoffwissenschaft 2021
Master Electrical Power and Control Engineering 2013
Master Informatik 2013
Master Regenerative Energietechnik 2016
Master International Business Economics 2021

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)
Objekttypen lt. Inhaltsverzeichnis	K=Kompetenzfeld; M=Modul; P,L,U= Fach (Prüfung, Lehrveranstaltung, Unit)