

Modulhandbuch zum Akkreditierungsbericht

Bachelor-Master-Studienprogramm

Elektrotechnik

Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik der Universität Paderborn

*Deutschsprachiger Bachelor-Studiengang
Elektrotechnik (6 Sem.)*

*Deutschsprachiger Master-Studiengang
Elektrotechnik (4 Sem.)*

Paderborn, den 31.8.2008

Inhaltsverzeichnis

<i>Modulhandbuch zum Akkreditierungsbericht</i>	<i>1</i>
Inhaltsverzeichnis	1
Schema für Veranstaltungs- und Modulbeschreibungen	2
Abkürzungsverzeichnis	4
I. Module im 1. Studienabschnitt des BSc-Studiengangs	5
I.1 Gebiet Mathematische Grundlagen	5
I.1.1 Höhere Mathematik für Elektrotechniker I.....	5
I.1.2 Höhere Mathematik für Elektrotechniker II	7
I.2 Gebiet Elektrotechnische Grundlagen	9
I.2.1 Grundlagen der Elektrotechnik I	9
I.2.2 Grundlagen der Elektrotechnik II.....	12
I.2.3 Theoretische Elektrotechnik I.....	16
I.3 Gebiet Technisch-physikalische Grundlagen	20
I.3.1 Physik	20
I.3.2 Bauelemente	23
I.4 Gebiet Grundlagen der Informations- und Systemtechnik	26
I.4.1 Modul Datenverarbeitung.....	26
I.4.2 Modul Technische Informatik für Elektrotechniker	30
I.4.3 Signal- und Systemtheorie.....	34
I.5 Praktikum	36
I.5.1 Laborpraktikum	36
II. Module im 2. Studienabschnitt des B.Sc.-Studiengangs	41
II.1 Gebiet Vertiefungen	42
II.1.1 Informationstechnik.....	42
II.1.2 Mikrosystemtechnik.....	48
II.1.2 Automatisierungstechnik.....	53
III. Module im Master-Studiengang	58
III.1 Gebiet Theoretische Elektrotechnik II	58
III.1.1 Theoretische Elektrotechnik II	58
III.2 Kataloge der Studienmodelle	62

III.2.1	Energie und Umwelt.....	62
III.2.2	Kognitive Systeme	72
III.2.3	Kommunikationstechnik.....	80
III.2.4	Mikroelektronik.....	89
III.2.5	Optoelektronik.....	94
III.2.6	Prozessdynamik.....	98

Vorbemerkungen

Die Modulbeschreibungen in diesem Katalog sollen

- Ziele, Inhalte und Zusammenhänge des Studienganges auf der Ebene von Modulen und Lehrveranstaltungen umfassend beschreiben,
- Studierenden nützliche, verbindliche Informationen für die Planung ihres Studiums geben,
- Lehrenden und anderen interessierten Personen einen tiefgehenden Einblick in die Ausgestaltung der Module des Studienganges geben.

Die Modulbeschreibungen sind nach einem vorgegebenen Schema weitgehend einheitlich strukturiert. Es wurde in einem intensiven Diskussionsprozess entwickelt, an dem sich Gremien und Kollegen des Faches beteiligt haben. Darin sind Vorgaben, Anregungen und Ideen aus vielfältigen Materialien zur Modularisierung eingeflossen. Wir haben besonderen Wert darauf gelegt, die Rolle des Moduls im Studiengang und die angestrebten Lernziele möglichst aussagekräftig zu beschreiben – neben den Angaben zu Inhalt und Organisation. Damit soll Lernenden und Lehrenden nicht nur gezeigt werden, was vermittelt wird, sondern auch warum das geschieht. Das Schema der Beschreibungen ist im Folgenden angegeben. Der erste Teil (bis einschließlich Abschnitt „Modus“) ist als über mehrere Jahre fest anzusehen, der Rest der Beschreibung kann für jede Instanz des Moduls ggf. angepasst werden.

Schema für Veranstaltungs- und Modulbeschreibungen

Veranstaltung: Name der Veranstaltung

Rolle der Veranstaltung im Studiengang

- Verortung im Studium (Zuordnung zu den Zielen des Studiengangs und Teilbereichen des Studienplans)
- Beschreibung wesentlicher Inhalte und Methoden der Veranstaltung und deren Bedeutung für ein Teilgebiet bzw. das Fach Elektrotechnik und Informationstechnik
- Zusammenhang mit anderen Veranstaltungen / Modulen
- Verwendbarkeit der Veranstaltung in anderen Studiengängen

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Inhaltliche Struktur und zeitliche Abfolge der Veranstaltung

Inhaltliche Verwendbarkeit

Anhand von geeigneten Beispielen sollen exemplarisch typische Anwendungsfelder für Inhalte und Methoden der Veranstaltung beschrieben werden.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Angaben über notwendige formale Voraussetzungen und erforderliche Vorkenntnisse für die erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung.

Lernziele der Veranstaltung

Benennung von Qualifikationszielen durch Verknüpfung von Inhalten (zentrale Wissensbereiche) und Fähigkeiten (zentrale Kompetenzbereiche): z.B. „*Studierende sollen in der Lage sein ...*“.

Vermittlung von Faktenwissen – Inhaltskompetenz

Relevante Wissensbereiche der Veranstaltung und ausgewählte Anwendungszusammenhänge.

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

Die Veranstaltung vermittelt fachwissenschaftliche Methoden, die die Studierenden an typischen Beispielen anwenden sollen.

Vermittlung von Transferkompetenz

Beispiele für die Anwendung der in der Veranstaltung erlernten Methoden in neuen Kontexten - ausgehend von Inhalten der Veranstaltung.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Kriterien und Beispiele für die Bewertung der in der Veranstaltung erlernten Inhalte und Methoden im Hinblick auf informatikbezogene Problemstellungen (z.B. Eignung und Grenzen der Methoden, die Qualität von Lösungen / Lösungsansätzen, die gesellschaftlichen und sozialen Implikationen von Lösungen / Lösungsansätze bzw. von Produkten).

Schlüsselqualifikationen

Erwarteter Beitrag der Veranstaltung zur Vermittlung von Schlüsselqualifikationen wie

- Kooperations- und Teamfähigkeit
- Präsentations- und Moderationskompetenz
- Fähigkeit zur Nutzung moderner IuK-Technologien
- Strategien des Wissenserwerbs
- interkulturelle Kompetenzen
- fachbezogene Fremdsprachenkompetenzen

Modulzugehörigkeit

- Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlveranstaltung
- Zugehörigkeit zu Modulen

Modus

Leistungspunkte des Moduls

Dauer, z.B.1 Semester

Tabelle mit folgenden Einträgen:

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Name der Veranstaltung	Name des Dozenten	Vorlesung, Übung, Projekt, Anzahl der Semesterwochenstunden	Leistungspunkte pro Veranstaltung	jedes Semester oder jedes Wintersemester oder Sommersemester

Methodische Umsetzung

Angaben zu Sozialformen und didaktisch-methodischen Arbeitsweisen in der Veranstaltung (z.B. Übungen in kleinen Gruppen, Projektlernen mit hohem Aktivitätsanteil der Studierenden, durchgehende Fallorientierung bei der Vermittlung von Inhalten, kleinere Anwendungsbeispiele als Ausgangspunkte zur Einführung in ein Teilthema, spätere Konkretisierung von theoretischen Konzepten an praktischen Beispielen, Selbststudienphasen mit LO's, guided tours in virtuellen Lernumgebungen, blended learning)

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Angaben zu Organisationsformen nach denen die Veranstaltung durchgeführt wird (z. B. Vorlesung, Übung, Seminar, Praktikum, Projekt, Selbststudium, virtuelles Seminar)
- Hinweise auf erwartete Aktivitäten der Studierenden
- Eingesetzte Materialien, z.B. Übungsblätter, Musterlösungen, Animationen....
- Eingesetzte Medien, z.B. Hinweise auf IDE's, Softwaretools....
- Literaturhinweise zur Veranstaltung
- ggf. Hinweis auf ein (webbasiertes) Veranstaltungsskript

Prüfungsmodalitäten

- Angaben über Formen studienbegleitender Prüfungen in der Veranstaltung (z. B. schriftliche, mündliche Prüfungen, Vortrag, Hausarbeit, Projektarbeit, Praktikumstestat), die Aussagen über das Erreichen der Standards / Lernziele ermögliche

Modulverantwortliche(r)

Name des Betreuers / der Betreuerin des Moduls

Abkürzungsverzeichnis

LP:	Leistungspunkte
SWS	Semesterwochenstunden
2V	Vorlesung mit 2 SWS
2Ü	Übung mit 2 SWS
WS	Wintersemester

SS	Sommersemester
2P	Projekt mit 2 SWS
2S	Seminar mit 2 SWS

I. Module im 1. Studienabschnitt des BSc-Studiengangs

I.1 Gebiet Mathematische Grundlagen

I.1.1 Höhere Mathematik für Elektrotechniker I

Rolle des Moduls im Studiengang BSc Elektrotechnik

Einführung in die Grundlagen der Mathematik, die während des Studiums der Elektrotechnik benötigt werden.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den zwei Veranstaltungen *Höhere Mathematik A für Elektrotechniker (HM-A)* und *Höhere Mathematik B für Elektrotechniker (HM-B)*, die jeweils in zwei aufeinanderfolgenden Semestern, beginnend mit dem Wintersemester, angeboten werden.

Themenübersicht:

- *Präliminarien:* Mengen und Funktionen, Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitsrechnung, Ungleichungen und Mittelwerte, e -Funktion
 - *Konvergenz und Reihen:* Konvergenz von Folgen, unendliche numerische Reihen (u.a. Summation mittels Partialbruchzerlegung)
 - *Polynome:* Euklidischer Algorithmus, Horner Schema, quadratische und kubische Gleichungen
 - *Stetigkeit:* Verschiedene Stetigkeitsbegriffe, Zwischenwertsatz, Maximum und Minimum, einige spezielle Funktionen (trigonometrische Funktionen)
 - *Differential- und Integralregeln:* Differentiationsregeln, Differentiation spezieller Funktionen (Einführung der Hyperbelfunktion), Mittelwertsatz, Umkehrfunktion, Riemannintegral, Integrationsstricks (verschiedene Substitutionen, Partialbruchzerlegung), Bogenlänge, einfache Volumina, uneigentliche Integrale, Kurvendiskussion, Taylorreihen
 - *Komplexe Zahlen:* Komplexe Zahlen, komplexe Differentiation (Cauchy-Riemannsche Differentialgleichungen), Taylorreihen im Komplexen, spezielle Funktionen
 - *Lineare Algebra:* Vektoren im \mathbb{R}^2 , Vektoren im \mathbb{R}^3 und \mathbb{R}^n , Skalarprodukt, Vektorprodukt, Identitäten der Produkte, Determinanten, Gleichungssysteme und Matrizen, Gaußalgorithmus, Eigenwerte und Eigenvektoren, Koordinatentransformation, Hauptachsentransformationen
 - *Differentialrechnung mehrerer Veränderlicher:* Differentiation im \mathbb{R}^n , Tangentialebenen, Kettenregel, implizite Differentiation, Umkehrfunktion, Differentielle Fehlerabschätzung
- Differentialgleichungen:* Differentialgleichungen erster Ordnung (Trennung der Veränderlichen, homogene Differentialgleichung, exakte Differentialgleichung, integrierender Faktor, lineare Differentialgleichung), Kurvenscharen und Orthogonaltrajektorien, Existenz

und Eindeutigkeit, Systeme mit konstanten Koeffizienten, Differentialgleichungen höherer Ordnung mit konstanten Koeffizienten.

Inhaltliche Verwendbarkeit

Die in diesen Veranstaltungen vermittelten Kenntnisse werden als Verfahren bzw. Faktenwissen im Studium der Elektrotechnik gebraucht. Die in diesem Modul eingeübte mathematisch-methodische Denkweise wird in der Elektrotechnik an vielen Stellen angewendet.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Allgemeine Schulmathematik.

Lernziele der Veranstaltung

Die Studierenden sollen mit Grundbegriffen und Grundtechniken der Linearen Algebra und der Analysis umgehen lernen.

Vermittlung von Faktenwissen

Siehe obige Themenliste der Veranstaltungen

Vermittlung von methodischem Wissen

Die mathematisch-methodische Denkweise (Definition, Satz, Beweis) ist auch in der Elektrotechnik von großer Bedeutung.

Schlüsselqualifikationen

Die Fähigkeit zum abstrakten mathematischen Denken und Schließen wird entwickelt.

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 16 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Höhere Mathematik A für Elektrotechniker (HM-A)	Dozenten des Instituts für Mathematik	4V, 2Ü	8	jedes WS
Höhere Mathematik B für Elektrotechniker (HM-B)	Dozenten des Instituts für Mathematik	4V, 2Ü	8	jedes SS

Methodische Umsetzung

- In den Übungen wird der selbständige Umgang mit dem Stoff entwickelt.
- Die Grundlagen und Konzepte werden im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
- Die theoretischen Konzepte werden danach in Präsenzübungen in Kleingruppen vertieft.

Prüfungsmodalitäten

Eine Modulprüfung entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Höhere Mathematik A + B für Elektrotechniker	schriftliche Prüfung

Modulverantwortlicher

Meerkötter

I.1.2 Höhere Mathematik für Elektrotechniker II

Rolle des Moduls im Studiengang B.SC. Elektrotechnik

Dieses Modul setzt das Modul *Höhere Mathematik I* fort. Insbesondere für die Theoretische Elektrotechnik (Feldtheorie, Lineare Netze) werden mathematische Kenntnisse benötigt, die über den Stoff des Moduls *Höhere Mathematik I* hinausgehen.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den zwei Veranstaltungen *Höhere Mathematik C für Elektrotechniker (HM-C)* und *Höhere Mathematik D für Elektrotechniker (HM-D)*, die jeweils in zwei aufeinanderfolgenden Semestern, beginnend mit dem Wintersemester, angeboten werden.

Themenübersicht

- *Mehrfache Integrale*: Integrale im IR^n , verschiedene Parametrisierungen der IR^2 und IR^3 , Integration IR^n
- *Laplace-Transformation*: Laplace-Transformation und Rechenregeln, Anwendung auf gewöhnliche Differentialgleichungen und Systeme, Schwingungsprobleme
- *Fourierreihen und Fourier-Transformation*: Einführende Beispiele (schwingende Saite etc.), Fourierreihen, Fourier-Transformation (ein- und mehrdimensional), Anwendungen
- *Partielle Differentialgleichungen in ausgewählten Beispielen*: Wellengleichung, Wärmeleitungsgleichung, Potentialgleichung
- *Vektoranalysis*: Gradient, Divergenz, Rotation, Integralsätze, Anwendungen
- *Funktionentheorie*: Cauchy'scher Integralsatz, Laurentreihen, Residuensatz, konforme Abbildungen
- *Elemente der numerischen Mathematik*: Iteration und diverse Verfahren (Newton etc.), Fehlerfortpflanzung, Lineare Gleichungssysteme, insbesondere Eigenwertprobleme, Interpolation, Numerische Integration, Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen.

Inhaltliche Verwendbarkeit

Die in diesen Veranstaltungen vermittelten Kenntnisse werden als Verfahren bzw. Faktenwissen in den Fächern der Elektrotechnik, insbesondere in der theoretischen Elektrotechnik gebraucht. Die Verfahren zur numerischen Mathematik werden in vielen Feldern der Elektrotechnik eingesetzt.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Höhere Mathematik I

Lernziele der Veranstaltung

Die Studierenden sollen die mathematischen Techniken für Anwendungen in der Elektrotechnik erlernen.

Vermittlung von Faktenwissen

Siehe obige Themenübersicht.

Vermittlung von methodischem Wissen

Die mathematisch-methodische Denkweise (Definition, Satz, Beweis) ist auch in der Elektrotechnik von großer Bedeutung.

Schlüsselqualifikationen

Die Fähigkeit zum abstrakten mathematischen Denken und Schließen wird entwickelt.

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 15 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Höhere Mathematik C für Elektrotechniker	Dozenten des Instituts für Mathematik	4V + 2Ü	9	jedes WS
Höhere Mathematik D für Elektrotechniker	Dozenten des Instituts für Mathematik	2V + 2Ü	6	jedes SS

Methodische Umsetzung

- In den Übungen wird der selbstständige Umgang mit dem Stoff entwickelt.
- Die Grundlagen und Konzepte werden im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
- Die theoretischen Konzepte werden danach in Präsenzübungen in Kleingruppen vertieft.

Prüfungsmodalitäten

Eine Modulprüfung entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Höhere Mathematik C + D für Elektrotechniker	schriftliche Prüfung

Modulverantwortlicher

Meerkötter

I.2 Gebiet Elektrotechnische Grundlagen

I.2.1 Grundlagen der Elektrotechnik I

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

- Einführung in die Elektrotechnik: Phänomene, Begriffe, Größen, Methoden, Materialien, Bauelemente, Komponenten, Systeme, Normen
- Vermittlung der unverzichtbaren Grundlagen für die weiterführenden Veranstaltungen der Elektrotechnik

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den Lehrveranstaltungen

- *Grundlagen der Elektrotechnik A* (Mertsching) im 1. Studiensemester (Wintersemester), 4 SWS Vorlesung + 2 SWS Übung
- *Grundlagen der Elektrotechnik B* (Böcker) im 2. Studiensemester (Sommersemester), 4 SWS Vorlesung + 2 SWS Übung

Teil A:

- Einleitung (Ingenieurwissenschaft Elektrotechnik, Maß-System, Basis-Maßeinheiten, Größengleichungen)
- Elektrische Ladungen und Felder (Einführung der physikalischen Größen (el. Ladung, el. Feldstärke, el. Kraft, el. Arbeit, el. Spannung, el. Potential), Feldbegriff)
- Elektrischer Stromkreis (bewegte Ladungen, Kirchhoffsche Regeln, Zweipole, Quellen, Verbraucher, el. Widerstand, Grundsaltungen, Energie, Leistung)
- Theorie der Gleichstromnetzwerke (Knoten- und Maschenanalyse, Ersatzquellen, Überlagerungssatz, nichtlineare Zweipole, aktive Netzwerke, Operationsverstärker)
- Elektrostatik (Maxwellsche Gleichungen, einfache Felder, Kapazität, Influenz, Dipol, Linien-, Flächen- und Raumladungen, Materie im elektrischen Feld)
- Magnetostatik (magn. Wirkung des el. Stroms, magn. Feldstärke, magn. Induktion, Durchflutungsgesetz, Lorentzkraft, Materie im magn. Feld)
- Elektrodynamik (magn. Kopplung von Stromkreisen, Gegeninduktion, Selbstinduktion, Induktionsgesetze, Lenzsche Regel, Berechnung einfacher Spulen, Induktivitäten im Eisenkreis, magn. Energie)

Literatur:

- Mertsching, Bärbel: Materialien zur Vorlesung *Grundlagen der Elektrotechnik A* (Skript)
- Albach, Manfred: *Grundlagen der Elektrotechnik 1*. Pearson Studium, 2004.
- Hugel, Jörg: *Elektrotechnik*. Teubner-Verlag, 1998.
- Pregla, Reinhold: *Grundlagen der Elektrotechnik*. Hüthig-Verlag, 6. edition, 2001.

Teil B:

- Netzwerke mit instationären Vorgängen: Beschreibung durch Differenzialgleichungen, elektrische Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad
- lineare Netzwerke mit periodischen Vorgängen: komplexe Rechnung, Frequenzverhalten, Frequenzkennlinien, Ortskurven, Schwingkreise, Resonanz
- Drehstrom: Strukturen und Begriffe, Wirk-, Blind-, Scheinleistung, Effektivwert, Oberschwingungen
- Magnetische Felder, Materialien und Komponenten, Transformatoren und Übertrager: Funktionsprinzip, Eigenschaften, Ersatzschaltbild, Bemessung, Einsatzgebiete.
- Prinzipien elektromechanischer Energiewandlung und deren Anwendungen: Elektrostatische Kraft, Lorentzkraft, magnetische Kräfte (Reluktanz), piezoelektrischer Effekt

Literatur:

- J. Böcker: Vorlesungsskript: *Grundlagen der Elektrotechnik Teil B*
<http://www.lea.upb.de/>
- M. Albach: *Grundlagen der Elektrotechnik, Band 2. Periodische und nicht periodische Signalformen*, Verlag: Pearson Studium, 2005
- R. Kories, H. Schmidt-Walter: *Taschenbuch der Elektrotechnik. Grundlagen und Elektronik* Harri , Deutsch-Verlag, Universitätsbibliothek: XVP3171

Inhaltliche Verwendbarkeit

- Unverzichtbare Grundlage für alle weiteren elektrotechnischen Fächer

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

- Keine Vorkenntnisse auf dem Gebiet Elektrotechnik notwendig
- Jedoch Kenntnisse der Mathematik und der Physik auf dem Niveau der Hochschulreife
- Beständiges Aufgreifen der in den parallel laufenden Veranstaltungen zur Physik und der Mathematik vermittelten Kenntnisse

Lernziele der Veranstaltung

- Verständnis der Begriffswelt der Elektrotechnik, der grundlegenden elektrotechnischen Phänomene und Zusammenhänge
- Kenntnisse der Eigenschaften der wichtigsten elektrotechnischen Bauelemente, Komponenten und Systeme
- Sicherer Umgang mit den elektrotechnischen Grundgesetzen

- Anwendung mathematischer Methoden auf Fragestellungen der Elektrotechnik: Matrizenrechnung, komplexe Rechnung, Differenzial-, Integralrechnung, Differenzialgleichungen
- Strukturierung und Bemessung einfacher elektrotechnischer Komponenten und Systeme nach gegebenen Anforderungen

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

- Methoden zur systematischen Analyse von elektrischen Netzwerken
- Methoden zur Modellierung technischer Systeme
- Methoden zur Analyse des frequenzabhängigen Verhaltens von elektrischen Netzwerken

Vermittlung von Transferkompetenz

- Übertragung der vermittelten Methoden zur Analyse und Synthese auf verwandte Problemstellungen

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodus

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 16 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Grundlagen der Elektrotechnik A	Mertsching	4V, 2Ü	8	jedes WS
Grundlagen der Elektrotechnik B	Böcker	4V, 2Ü	8	jedes SS

Methodische Umsetzung

- Die Grundlagen und Konzepte werden im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
- Konkretisierung von theoretischen Konzepten an praktischen Beispielen aus der Erfahrungswelt der Studierenden und durch Analogien zu anderen technischen Disziplinen
- Die theoretischen Konzepte werden in Präsenzübungen vertieft.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesung mit Tafelanschrieb und el. Präsentation
- Darstellung komplexer Zusammenhänge bzw. Fotos durch Projektion vorbereiteter Materialien
- Demonstration grundlegender elektrotechnischer Experimente in der Vorlesung
- Bereitstellung eines Skripts, Hinweise auf Lehrbücher aus der Lehrbuchsammlung
- Präsenzübungen mit Übungsblättern

- erwartete Aktivitäten der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Lösung der Verständnisfragen im Skript
- Lehrmaterialien im Web

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Grundlagen der Elektrotechnik A	schriftliche Prüfung
Grundlagen der Elektrotechnik B	schriftliche Prüfung

Modulverantwortliche

Mertsching

I.2.2 Grundlagen der Elektrotechnik II

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

Nachdem die Grundlagen der Elektrotechnik mehr in Form von Wissens-elementen gelehrt worden sind, sollen die Studierenden Einblicke in ausgewählte elektrotechnische Fachgebiete erhalten. Die Messtechnik und die Energietechnik sind dabei für die Ingenieurwissenschaften von grundlegender Bedeutung. Neben der Vermittlung von fachspezifischem Wissen sollen die Studierenden vordergründig auch die Komplexität technischer Probleme und deren Bedeutung für die Gesellschaft erkennen.

Die Messtechnik beschäftigt sich mit den metrologischen Grundlagen zur qualitativen und quantitativen Bestimmung physikalischer und technischer Größen. Die Messtechnik vermittelt dabei die Kompetenz zur Analyse und Behandlung fehlerhaft bestimmter Mess- und Prozessgrößen sowie zur Charakterisierung der Repräsentativität von Messinformationen.

In der Energietechnik geht es neben der technischen Beschreibung auch um die gesamtgesellschaftliche Sicht auf die Prozesse der Energieerzeugung, den Energietransport sowie die Energiespeicherung und -wandlung.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den Veranstaltungen

- *Energietechnik*
- *Messtechnik*

Energietechnik:

- Einführung in die Aufgaben der elektrischen Energieversorgung
- Mathematische Grundlagen, Leistungsbegriffe
- Behandlung von Drehstromsystemen: Dreiphasensystem, Symmetrische Komponenten

- Wichtige Betriebsmittel, Eigenschaften, Modelle, beschreibende Modellparameter: Synchronmaschine, Transformator, Leitungen und Kabel
- Verteilung der elektrischen Energie: Elektrische Netze, Lastflussberechnung
- Gestörter Netzbetrieb: Kurzschluss- und Erdschlussvorgänge

Messtechnik:

- Allgemeine Grundlagen der Messtechnik (Begriffsdefinitionen, Technische Vorschriften, SI-Grundeinheiten, Signale, Systeme, Messmethoden, statische und dynamische Eigenschaften)
- Messfehler (Ursachen, Arten, Definitionen, Fehlertheorie, Fehlerfortpflanzung, Garantiefehlergrenze, Genauigkeitsklassen, Betriebs- und Feinmessgeräte)
- Messbrückenschaltungen (Gleichstrom- und Gleichspannungsmessbrücken, Wechselstrom- und Wechselspannungsmessbrücken, Applikationen, Aufbau und Funktionsweise der Trägerfrequenzmessbrücke)
- Messung elektrischer Größen (Strom, Spannung, Widerstand, Leistung, elektrische Arbeit, Gleich- und Wechselgrößen, Spitzen-, Mittel-, Effektivwert, Klirr-, Form-, Crestfaktor, Messschaltungen für Spitzen-, Mittel- und Effektivwert, Leistungsmessung (Schein-, Wirk-, Blindleistung), Aufbau und Funktionsweise von Vielfach- und Leistungsmessgeräten, Messungen in Drei- und Vierleiterschaltungen (Drehstrom))
- Messverstärker (Arten, Eigenschaften, Schaltungen, Ladungs-, Instrumentationsverstärker)
- Oszilloskope (Aufbau, Funktionsweise analoger O. und digitaler Speicher-O., Betriebsarten, Anwendungen, Praxistipps)
- Digitale Messtechnik (Digitalisierung, Abtasttheorem, Aliasing, Kodierung, Abtast- und Halteschaltungen, ADU-Verfahren, DAU-Verfahren, Zeit- und Frequenzmessung)
- Signalanalyse (Amplitudendichteverteilung, Korrelation (AKF, KKF), Fourier-Reihe, FT, FFT, Aufbau und Funktionsweise von Suchton-, Parallelfilter-, Spektrum- und Netzwerkanalysatoren)
- Messung nichtelektrischer Größen (Aktive Messwertaufnehmer: Thermoelement, foto- und strahlungsempfindliche Bauelemente, elektrodynamische, piezoelektrische und elektrochemische Aufnehmer, Passive Messwertaufnehmer: Widerstandsthermometer, Thermistoren, Fotowiderstände, Magnetfeldsensoren, Dehnungsmessstreifen)

Inhaltliche Verwendbarkeit

Energietechnik:

- Systemtheoretische Behandlung eines komplexen technischen Systems wie das der Energieversorgung stellt einen zentralen Bestandteil der Ingenieurstätigkeit dar.
- Verständnis für Energieversorgungssysteme unter technischen, politischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist ohne dieses Grundlagenwissen nicht möglich.

Die Energetechnik in der aktuellen Tagesdiskussion ist geprägt von politischen, wirtschaftlichen, ökologischen und ökonomischen Einflussfaktoren. Technisches Verständnis über die Vorgänge in Energieversorgungssystemen ist Voraussetzung für eine aktive Beteiligung.

Messtechnik:

- Die Metrologie bzw. Messtechnik soll als eine Schlüsseldisziplin für die Wirtschaft verstanden werden, die alle Bereiche der Gesellschaft durchdringt.
- Die Messtechnik ist die Grundlage für jeden regelungstechnischen Vorgang als auch die Voraussetzung für die Optimierung technischer Prozesse.
- Die Aufgabe in allen Ingenieurwissenschaften zielt auf die quantitative Erfassung und Bewertung verschiedenster Größen. Da nahezu jede quantitative Bestimmung einer Größe grundsätzlich fehlerbehaftet ist, müssen sowohl Fehlerarten als auch deren Ursachen anwendungsbezogen analysiert und bewertet werden können.
- Bei der Charakterisierung komplexer technischer Systeme muss die Folge bzw. Wirkung von Einzelfehlern behandelt werden (Fehlerbehandlung und Fehlerfortpflanzung), um den resultierenden Gesamtfehler repräsentativ abzuschätzen.
- Umfassende Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten auf dem Gebiet der Messtechnik sind die Voraussetzung für die Auswahl und den erfolgreichen Einsatz von Messtechnik in jeder Ingenieurdisziplin.

Literatur:

- Henning: Vorlesungsskript "Messtechnik"
- Becker, Bonfig, Höing : Handbuch der elektrischen Messtechnik, Hüthig, Hdlbg. 2000
- Schrüfer: Elektrische Messtechnik, Hanser Fachbuch 2001
- Barschdorff: Messtechnik, Messtechnische Berichte Bd. 5, Uni Paderborn 2000

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

- komplexe Wechselstromrechnung: Grundlagen der Elektrotechnik A/B

Lernziele der Veranstaltung

- Siehe: Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung
- Es sollen die Aufgaben von elektrischen Energieversorgungssystemen, deren Vielfältigkeit und Komplexität erkannt werden.
- Erkennen der Interdisziplinarität ingenieurtechnischer Wissenschaften (Energietechnik, Messtechnik) und der Einordnung in gesellschaftspolitische Prozesse und Strukturen: "über den Tellerrand schauen".
- *Vermittlung von Faktenwissen - Inhaltskompetenz*
- Methoden zur systemtheoretischen Beschreibung und Analyse eines technischen Systems
- Geeignete mathematische Verfahren zur Behandlung von Drehstromsystemen
- Geeignete mathematische Verfahren zur Behandlung von Messfehlern und Fehlerfortpflanzung
- Siehe auch: Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Vermittlung von methodischem Wissen - Methodenkompetenz

- Methoden zur systemtheoretischen Beschreibung und Analyse eines technischen Systems in verschiedenen Betriebszuständen

- Techniken wissenschaftlichen Arbeitens
- Problemerkennungs- und Lösungsfähigkeit
- Methoden zur systemtheoretischen Beschreibung und Analyse eines allgemeinen technischen Systems
- Medienkompetenz
- Rhetorik, Präsentation

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

- Bewertung der Eignung der systemtheoretischen Beschreibung und Modellierung eines Systems für vorgegebene Randbedingungen/Fragestellungen

Schlüsselqualifikationen

- Kooperations- und Teamfähigkeit
- Präsentations- und Medienkompetenz
- Strategien des Wissenserwerbs
- Techniken wissenschaftlichen Arbeitens
- Problemerkennungs- und Lösungsfähigkeit
- Urteils- und Entscheidungsfähigkeit
- Disziplinübergreifendes, ganzheitliches, vernetztes Denken
- Bereitschaft zur Übernahme der Vorbildfunktion

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 9 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Energietechnik	Voss	2V, 2Ü	4	jedes WS
Messtechnik	Henning	2V, 2Ü	5	jedes SS

Methodische Umsetzung

- Vermittlung der fachbezogenen Grundlagen und Konzepte im Rahmen einer Vorlesung
- Konkretisierung im Rahmen einer Tages-Exkursion zu einem Kraftwerk oder einer vergleichbaren energietechnischen Einrichtung, Praxisbezug (nur für Energietechnik)
- Die theoretischen Konzepte werden in Präsenzübungen in Kleingruppen vertieft, wobei die Studierenden ihre vorbereiteten Ergebnisse an der Tafel vorrechnen und diskutieren können.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesung mit Tafelanschrieb bzw. mit PPT-Präsentation
- Hinweise auf in der Universitäts-Bibliothek vorhandene Lehrbücher zur erweiterten Vertiefung der fachlichen Inhalte
- Übungen: Präsenzübungen in Kleingruppen mit Übungsblättern
- Erwartete Aktivität der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Vorbereiten der Übungsaufgaben, Vorstellung der Ergebnisse und detaillierte Vorrechnung an der Tafel, Lösung von Verständnisfragen
- Eingesetzte Materialien: Arbeitsblätter, PPT-Präsentation, Übungsblätter
- Eingesetzte Medien: Tafel, Laptop, Tageslichtschreiber
- Separate E-Mail-Adresse zur Veranstaltung für Fragen, Probleme und Organisation
- FAQ zu den Lehrinhalten im Internet-basierend auf den Anfragen der Studierenden

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Energietechnik	mündliche Prüfung
Messtechnik	schriftliche Prüfung

Modulverantwortlicher

Henning

I.2.3 Theoretische Elektrotechnik I

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

Das Modul *Theoretische Elektrotechnik* besteht aus den Lehrveranstaltungen *Feldtheorie* und *Lineare Netze*. In diesen Veranstaltungen werden feldtheoretische und netzwerktheoretische Grundlagen vorgestellt und wichtige Eigenschaften elektromagnetischer Felder und elektrischer Schaltungen auf mathematisch exakte, aber dennoch anschauliche Weise hergeleitet. Um den mathematischen Aufwand in angemessenen Grenzen zu halten, wird eher auf größtmögliche Allgemeinheit der herzuleitenden Ergebnisse verzichtet als auf mathematische Exaktheit. – Der Einsteinschen Devise entsprechend, wird alles so einfach wie möglich dargestellt, aber nicht einfacher.

Inhaltliche Gliederung der Lehrveranstaltungen

Das Modul besteht aus den Veranstaltungen

- *Lineare Netze*
- *Feldtheorie*

Aufbauend auf den Kenntnissen, die den Studierenden in den Vorlesungen zu den *Grundlagen der Elektrotechnik* vermittelt wurden, werden in der Vorlesung *Lineare Netze* zunächst die wichtigsten Quellen und (konzentrierten) Elemente eines Kirchhoff-Netzwerks, wie etwa Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten, ideale Übertrager etc. (axiomatisch) eingeführt und das Schleifenstrom- sowie das Knotenpotential-Verfahren rekapituliert. Das Tellegensche Theorem wird eingeführt und mit seiner Hilfe der Zusammenhang zwischen den Kirchhoffschen Regeln und dem Energiesatz aufgezeigt sowie eine allgemeine Formulierung des Reziprozitätssatzes für n -Tore hergeleitet. Ferner werden zur Beschreibung von Ein- und Mehrportern sogenannte Wellengrößen eingeführt und hiermit Reflektanzen und Streumatrizen definiert und ihre Eigenschaften im Kontext interessanter Anwendungen diskutiert.

In der Vorlesung *Feldtheorie* werden die Maxwellschen Gleichungen induktiv aus den experimentellen Grundtatsachen über elektromagnetische Felder abgeleitet und die verschiedenen Teilgebiete deduktiv entwickelt. Die Erweiterung auf räumliche Anordnungen mit unterschiedlichen Materialeigenschaften erfordert es, das Verhalten der Feldgrößen an den Gebietsgrenzen darzustellen.

Eigenschaften statischer, stationärer und quasistationärer Felder können an exemplarischen Beispielen vermittelt und Ausblicke auf die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen gegeben werden. Unter anderem wird an einem einfachen stromführenden Leitersystem aus der Energiebilanz des elektromagnetischen Feldes ein Modell mit örtlich konzentrierten Elementen abgeleitet. Hierbei wird implizit eine überzeugende feldtheoretische Begründung für das in weiten Bereichen der Elektrotechnik übliche Arbeiten mit konzentrierten Bauelementen geliefert. Zugleich werden die Grenzen dieses Vorgehens für die Studierenden erkennbar.

Literatur:

- Lehner: Elektromagnetische Feldtheorie, Springer Verlag
- Simony, K.: Theoretische Elektrotechnik, VEB Dtsch. Verlag der Wissenschaften Berlin
- Mrozynski, G.: Elektromagnetische Feldtheorie - eine Aufgabensammlung -, Teubner Verlag

Inhaltliche Verwendbarkeit

Die in den Veranstaltungen des Moduls *Theoretische Elektrotechnik* zu vermittelnden Kenntnisse finden Anwendung in nahezu allen Bereichen der Elektrotechnik. Aufgrund gewisser mathematischer Analogien lassen sich viele der in diesem Modul vorgestellten Verfahren auch auf andere Anwendungsfelder transferieren.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Zum Verständnis der Vorlesung *Lineare Netze* sind Kenntnisse der linearen Algebra, der elementaren Matrizenrechnung, der Differential- und Integralrechnung einer reellen Veränderlichen, der komplexen Rechnung und der komplexen Funktionen einer reellen Veränderlichen erforderlich.

Zum Verständnis der Vorlesung *Feldtheorie* sind zusätzlich Kenntnisse auf den Gebieten der Vektoranalysis und der Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen erforderlich. Darüber hinaus sollten elementare Kenntnisse über die Lösung partieller Differentialgleichungen vorliegen.

Lernziele der Veranstaltung

Die Studierenden sollen die wichtigsten Methoden zur Berechnung linearer Schaltungen kennen und sicher anwenden können. Sie sollen Eigenschaften der Reflektanzen und Transmittanzen verstehen und verlustfreie Eintore synthetisieren können. Darüber hinaus sollen sie die Vorgänge in einem zeitveränderlichen elektromagnetischen Feld verstehen und sie in einem sich daraus entwickelnden zentralen Kompetenzbereich in Beziehung zu einfachen elektrotechnischen Systemen setzen können.

Vermittlung von Faktenwissen – Inhaltskompetenz

- *Lineare Netze:* Mathematische Beschreibung von Kirchhoff-Netzwerken, Interpretation der komplexen Frequenz, Anwendungen des Tellegenschen Theorems, netzwerktheoretischer Nachweis der Symmetrie und der positiven Definitheit der Induktivitätsmatrix eines n -Tors aus gekoppelten Induktivitäten, allgemeine Formulierung der Reziprozität, Gyrator als nichtreziprokes Grundelement, Beschreibung von Ein- und Mehrtoren mit Streuparametern (Reflektanzen, Transmittanzen), netzwerktheoretische Herleitung der Leitungsgleichungen und deren Lösung mit Hilfe der Wellengrößen, Bedeutung der kanonischen Reflektanzen symmetrischer Zweitore, Synthese verlustfreier Eintore.
- *Feldtheorie:* Vektoren, Darstellung in orthogonalen Koordinatensystemen, Vektoroperationen, Integralsätze, Potentialfunktionen und Funktionen einer komplexen Veränderlichen, Integralform der Maxwellschen Gleichungen, elektrisches Feld vorgegebener Ladungen und magnetisches Feld vorgegebener Ströme, Grundgleichungen der Elektrotechnik mit Spannung, Strom und konzentrierten Schaltelementen und die Ableitung aus den Maxwellschen Gleichungen, nichtperiodische Änderung elektrischer Größen, Grenzen einer Darstellung mit konzentrierten Schaltelementen, Übertragung elektrischer Energie, Energiewandlung, zeitveränderliches Feld in einfachen massiven Leitern, homogene ebene Wellen, geführte Wellen an Leitungen.

Die genannten relevanten Wissensbereiche werden in Zusammenhang mit einfachen elektrotechnischen Komponenten und Systemen gebracht. Zeitabhängige Vorgänge in Netzwerken aus konzentrierten Schaltelementen, orts- und zeitabhängige Stromdichteverteilungen in massiven Leitern und der Transport elektromagnetischer Energie durch den felderregten homogenen Raum stellen ausgewählte Anwendungszusammenhänge her.

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

Ausgehend von einigen wenigen Grundtatsachen (Axiomen) wird in der Vorlesung *Lineare Netze* mit vergleichsweise elementaren mathematischen Mitteln eine Theorie linearer Schaltungen entwickelt, die weite Anwendung in der Praxis findet. Hierbei werden wichtige Theoreme, wie etwa die Aussage, dass die Gesamtleistung in einem (abgeschlossenen) Netzwerk gleich null ist, ohne Rückgriff auf die physikalische Realität, sondern allein aus den Elementbeziehungen und den Kirchhoffschen Regeln hergeleitet.

In der *Feldtheorie* wird die vektoranalytische Beschreibung zur Kennzeichnung der Felder von Ladungen und Strömen aus feldtheoretischen Integralsätzen abgeleitet und auf einfache Konfigurationen angewendet. Verfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen der statischen und stationären Felder werden vorgestellt und auf elektrotechnische Komponenten angewendet. Methoden zur Beschreibung des Transports elektromagnetischer Energie durch den felderregten Raum werden in allgemeiner Darstellung entwickelt und an plausiblen Beispielen demonstriert.

Vermittlung von Transferkompetenz

Die Methoden zur Beschreibung von Netzwerken und elektromagnetischen Feldern können leicht modifiziert werden, so dass sie auch auf andere physikalische Systeme angewandt werden können. Das Problem der Wärmeleitung, der Schallfeldanalyse und viele andere physikalische Probleme lassen sich häufig in sehr ähnlicher Weise behandeln wie die mathematisch gleich strukturierten Probleme in der Feld- oder Netzwerktheorie. Die Fächer des Moduls *Theoretische Elektrotechnik* bilden daher ein wichtiges Fundament für viele technische Fachdisziplinen.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Die in dem Modul *Theoretische Elektrotechnik* zu erlernenden Methoden sind aus Gründen des Aufwandes und im Interesse der Übersichtlichkeit auf einfache Modelle elektrotechnischer Systeme beschränkt; sie beschreiben diese Systeme dann aber exakt. Deshalb kommt der Modellerstellung eine zentrale Rolle zu. Im Übrigen lassen sich aus den Methoden dieses Moduls weder politische noch sozio-kulturelle Wertungen ableiten. Die Studierenden werden aber in die Lage versetzt, sich z. B. an der gesellschaftlichen Diskussion über die Wirkung elektromagnetischer Wellen auf biologische Organismen qualifiziert zu beteiligen.

Schlüsselqualifikationen

- Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen
- Strategien des Wissenserwerbs durch Literaturstudium, Internetnutzung und Projektarbeiten

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 12 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Lineare Netze	Meerkötter	2V, 2Ü	6	jedes WS
Feldtheorie	Mrozynski	2V, 2Ü	6	jedes WS

Methodische Umsetzung

Sozialformen und didaktisch-methodische Arbeitsweisen werden in einem kontinuierlichen interaktiven Entwicklungsprozess während der Lehrveranstaltung unter aktiver Beteiligung der Studierenden ständig weiterentwickelt mit dem Ziel, bei durchgängiger Orientierung an konkreten Problemen die Aktivitäten der Studierenden zu steigern und dadurch die Konkretisierung theoretisch-mathematischer Konzepte kontinuierlich in Selbststudienphasen zu überführen.

Die theoretischen Grundlagen werden in einer Vorlesung vermittelt. In kleinen Gruppen werden Aussagen an praktischen Beispielen demonstriert. Lösungen komplizierterer Aufgaben sind am Laborrechner darstellbar.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesung mit Entwicklung der Theorie an der Tafel und Projektion von wichtigen Diagrammen und Feldbildern für ausgewählte Problembereiche und Modelle
- Vorlesungsskripte existieren
- Aufgaben für die Übungen (mit Lösungen zu ausgewählten Aufgaben) sind über die Internetseiten der Fächer abrufbar
- Seminare und Praktikum
- Studenten sollten das Angebot der Sprechstunden des Hochschullehrers und seiner Mitarbeiter nutzen
- Studenten werden angehalten, die einschlägige Fachliteratur zu studieren, die ihnen zu Beginn eines Vorlesungszyklus vorgeschlagen wird.

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Lineare Netze	schriftliche Prüfung
Feldtheorie	schriftliche Prüfung

Modulverantwortlicher

Meerkötter

I.3 Gebiet Technisch-physikalische Grundlagen

I.3.1 Physik

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

Das Modul vermittelt die für das Fach Elektrotechnik und Informationstechnik erforderlichen Grundkenntnisse der experimentellen Physik und der technischen Mechanik.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den Lehrveranstaltungen

- *Experimentalphysik für Elektrotechniker*
- *Technische Mechanik für Elektrotechniker*

Die Veranstaltung *Experimentalphysik für Elektrotechniker* gliedert sich in die folgenden Teile:

- Mechanik fester Körper

- Schwingungen, Wellen, Optik
- Mechanik deformierbarer Medien
- Thermodynamik (Wärmelehre)
- Atomphysik

Die Veranstaltung *Technische Mechanik für Elektrotechniker* gliedert sich wie folgt:

- Statik
 - Analyse von Gleichgewichtszuständen in Fachwerken und Balken
- Festigkeitslehre
 - Analyse von Spannungs- und Dehnungszuständen

Inhaltliche Verwendbarkeit

Physikalische und mechanische Grundkenntnisse werden in sämtlichen Vorlesungen des Bachelor-Studiengangs benötigt.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Es werden Schulkenntnisse in Mathematik und Physik gewünscht.

Vermittlung von Faktenwissen - Inhaltskompetenz

- Kinematik
- Arbeit, Leistung, Energie
- Elastizität und Verformung von Festkörpern

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

- Einsatz mathematischer Formeln zur Berechnung physikalischer bzw. mechanischer Vorgänge
- Zerlegung überlagerter Vorgänge in Einzelkomponenten

Vermittlung von Transferkompetenz

Analogien zwischen den Methoden der Mathematik und den physikalischen und mechanischen Berechnungsverfahren

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

- problemorientierte Auswahl geeigneter Modelle zur Veranschaulichung und Simulation
- Beurteilung logischer Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessteilen

Schlüsselqualifikationen

- Beurteilung des eigenen Erkenntnisstandes, Formulieren von Fragen
- kontinuierliches Arbeiten unter eigener Kontrolle des Erkenntnisfortschritts
- Strategien des Wissenserwerbs: Kombination aus Vorlesung, Vor- und Nachbereitung am Vorlesungsmaterial, Präsenzübungen, Selbststudium

- Präsentationskompetenz, Moderation, Teamfähigkeit

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 14 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungs- punkte	Häufigkeit des Angebots
Experimentalphysik für Elektrotechniker	Dozenten der Physik	4V, 2Ü	8	jedes WS
Technische Mechanik für Elektrotechniker	Dozenten des Maschinenbaus	3V, 2Ü	6	jedes SS

Methodische Umsetzung

- Die Grundlagen und Konzepte werden im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.
- Übungen bieten Gelegenheit zur Erprobung der eigenen Kenntnisse und Fertigkeiten sowie zur Klärung offener Fragen. Musterlösungen werden unter Moderation und Mitwirkung von Studierenden an der Tafel erarbeitet.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesung mit Folien oder Beamer, unterstützt durch Tafelanschrieb
- Ausführliches Skript in Buchform einschließlich ausgewählter Übungsaufgaben
- Übungen: Präsenzübungen, Erarbeitung der Musterlösungen unter Moderation und Mitwirkung von Studierenden an der Tafel
- erwartete Aktivitäten der Studierenden: ca. 60-minütige Nachbereitung zu jeder Vorlesung, ca. 40-minütige Vorbereitung der Übungen, Mitarbeit bei Präsenzübungen, gegebenenfalls Nacharbeiten von Wissenslücken anhand der Literatur

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Experimentalphysik für Elektrotechniker	schriftliche Prüfung
Technische Mechanik für Elektrotechniker	schriftliche Prüfung

Modulverantwortlicher

Hilleringmann

I.3.2 Bauelemente

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

Das Modul vermittelt grundlegende Kenntnisse über den Aufbau und die Herstellung, die Funktionsweise sowie die Modellierung und den Einsatz passiver und aktiver elektrischer und elektronischer Bauelemente.

Ausgehend von einer ingenieurwissenschaftlich orientierten Einführung in die Festkörperphysik werden Metalle und Legierungen, dielektrische und magnetische, schwerpunktmäßig jedoch halbleitende Werkstoffe behandelt. Darauf aufbauend werden die wichtigsten Halbleiterbauelemente eingeführt und anhand einfacher analytischer Modellrechnungen beschrieben. Die daraus abgeleiteten Ersatzschaltbilder bilden die Voraussetzung für nachfolgend zu behandelnde analoge und digitale Grundschaltungen.

Das Modul schafft damit die Voraussetzungen sowohl für vertiefende physikalisch-technologisch oder schaltungstechnisch orientierte Lehrveranstaltungen auf Gebieten wie der Halbleiterschaltungstechnik, der Hochfrequenzelektronik, der Optoelektronik und der Halbleitertechnologie als auch anwendungsorientierte Lehrveranstaltungen im Bereich wie der Kommunikationstechnik, der elektrischen Messtechnik, der Mikrosystemtechnik und der Antriebstechnik.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den Veranstaltungen

- *Werkstoffe* (Thiede)
- *Halbleiterbauelemente* (Hilleringmann)

Die Veranstaltung *Werkstoffe* bietet zunächst eine ingenieurwissenschaftlich orientierte Einführung in die Grundlagen der Festkörperphysik. Daran anschließend werden mechanische und vor allem elektrische Eigenschaften der Metalle und Legierungen besprochen. Den Schwerpunkt bilden die Halbleiterwerkstoffe, wobei ausgehend von Bandstruktur und Bändermodell grundlegende Effekte diskutiert, die makroskopischen Halbleitergleichungen eingeführt und mit deren Hilfe einfache Grundstrukturen einschließlich des pn-Übergangs berechnet werden. Den Abschluss dieser Veranstaltung bietet eine jeweils atomistische und makroskopische Sicht auf dielektrische und magnetische Werkstoffe.

Literatur:

- Thiede, "Werkstoffe der Elektrotechnik", Vorlesungsskript Universität Paderborn
- W. v. Münch, Werkstoffe der Elektrotechnik, Teubner-Verlag, 1993
- K. Kopitzki, Einführung in die Festkörperphysik, Teubner-Verlag,
- H. Vogel, Gerthsen Physik, Springer-Verlag, 1999

Die Veranstaltung *Halbleiterbauelemente* vermittelt ausgehend von den Halbleitergrundgleichungen die Funktionsprinzipien wichtiger Halbleiterbauelemente (Dioden, Bipolar- und MOS-Transistoren) sowie deren Modellierung (statisch, dynamisch) unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen als Voraussetzung der Schaltungsanalyse. Ersatzschaltungen für ausge-

wählte Halbleiterbauelemente werden hergeleitet. Darauf aufbauend werden mit den behandelten Bauelementen elementare Grundschaltungen (digital, analog) eingeführt und analysiert.

Inhaltliche Verwendbarkeit

Elektronische Bauelemente bilden die Grundlage der aktuellen Ausprägung nahezu aller Lebensbereiche des Menschen. Deren Verständnis ist daher grundlegend für alle auf diesem Gebiet tätigen Ingenieure.

Die fortschreitende Abstraktion ausgehend von quantentheoretischen Betrachtungen über makroskopische Modelle bis hin zu Ersatzschaltbildern und Verhaltensbeschreibungen ist eine unverzichtbare methodische Kompetenz, um die Komplexität technischer Systeme zu bewältigen.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Als Vorkenntnisse werden die üblichen Inhalte gymnasialer Mathematik- und Physikkurse vorausgesetzt, wobei der Besuch von Leistungskursen empfohlen wird.

Zur Mitte des zweiten Semesters wird auf die bis zu diesem Zeitpunkt in der Lehrveranstaltung Höhere Mathematik B eingeführte lineare Algebra zurückgegriffen.

Auf Kenntnisse zu Lösungsverfahren für gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen kann im zweiten Semester noch nicht zurückgegriffen werden. Einfache Ansatz- und Integrationsmethoden werden im Rahmen der Vorlesung für soweit wie möglich vereinfachte Anordnungen eingeführt, um wesentliche physikalische Sachverhalte herauszuarbeiten.

Die Differentialoperatoren Divergenz und Gradient werden als verkürzte Schreibweise vorgestellt, um den Studierenden zum Zeitpunkt ihrer Einführung rückblickend deren Einsatzmöglichkeiten zu verdeutlichen.

Insbesondere zur Beschreibung von Grundschaltungen werden Kenntnisse zur Berechnung elektrischer Stromkreise aus der Lehrveranstaltung Grundlagen der Elektrotechnik vorausgesetzt.

Vermittlung von Faktenwissen - Inhaltskompetenz

Quanten und Wellen, Schrödinger-Gleichung, Bandstruktur, effektive Masse, Energieniveaus, Absorption und Emission, Kristalle, Raumgitter, Kristalle als Beugungsgitter, Bindungsarten, Gitterstörungen, Gitterschwingungen

Metalle, Legierungen, Zustandsdiagramme, Supraleitung

Halbleiter, Banddiagramm, Halbleiter mit Störstellen, Elektrische Leitfähigkeit, Ladungsträgertransportmechanismen, Generation und Rekombination, Raumladung und Potential, pn-Übergang, Heteroübergang, Metall-Halbleiter-Übergang, Halbleitertechnologie

dielektrische Werkstoffe, Polarisierung

Magnetische Werkstoffe, Magnetisierung, Dia-, Para-, Ferro-, Antiferro- und Ferrimagnetismus, Hysterese.

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

problemorientierte Auswahl geeigneter Modellvorstellungen

qualitative Ableitung von Materialeigenschaften anhand der Bandstruktur

quantitative Beschreibung von Halbleiterstrukturen anhand des Bändermodells

vereinfachende Konzepte der effektiven Masse oder des Quasifermipotentials
 Einsatz von Ersatzschaltungen zur Berechnung elektronischer Grundschaltungen
 Konzept von Arbeitspunkt und Kleinsignalverhalten
 Konzept der virtuellen Masse

Vermittlung von Transferkompetenz

erkenntnistheoretisches Verständnis des Modellbegriffs
 verallgemeinertes duales Verständnis des Teilchen- und des Wellenbegriffs
 technische Analogien zu den Konzepten der Infinitesimalrechnung

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

problemorientierte Auswahl geeigneter Modelle
 Vereinfachung von Modellrechnungen durch Größenabschätzungen

Schlüsselqualifikationen

Beurteilung des eigenen Erkenntnisstandes, Formulieren von Fragen
 kontinuierliches Arbeiten unter eigener Kontrolle des Erkenntnisfortschritts
 Strategien des Wissenserwerbs: Kombination aus Vorlesung, Vor- und Nachbereitung am Vorlesungsmaterial, Präsenzübungen, Selbststudium
 Präsentationskompetenz, Moderation, Teamfähigkeit

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 8 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungs- punkte	Häufigkeit des Angebots
Werkstoffe	Thiede	2V, 1Ü	4	jedes SS
Halbleiterbauelemente	Hilleringmann	2V, 2Ü	4	jedes WS

Methodische Umsetzung

Die Grundlagen und Konzepte werden im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.

Übungen bieten Gelegenheit zur Erprobung der eigenen Kenntnisse und Fertigkeiten sowie zur Klärung offener Fragen. Musterlösungen werden unter Moderation und Mitwirkung von Studierenden an der Tafel erarbeitet.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesung mit Tafelanschrieb, unterstützt durch Projektionen von Abbildungen und Mathematica sowie Java-Animationen
- Bereitstellung eines ausführlichen Skripts sowie der Übungsaufgaben im Web
- Übungen: Präsenzübungen, Erarbeitung der Musterlösungen unter Moderation und Mitwirkung von Studierenden an der Tafel, leistungsorientierte Punktvergabe
- erwartete Aktivitäten der Studierenden: ca. 90-minütige Nachbereitung zu jeder Vorlesung, ca. 60-minütige Vorbereitung der Übungen, Mitarbeit bei Präsenzübungen, gegebenenfalls Nacharbeiten von Wissenslücken aus dem Schulunterricht

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Werkstoffe	schriftliche Prüfung
Halbleiterbauelemente	schriftliche Prüfung

Modulverantwortlicher

Hilleringmann

I.4 Gebiet Grundlagen der Informations- und Systemtechnik

I.4.1 Modul Datenverarbeitung

Rolle des Moduls im Studiengang

In den beiden ersten Semestern des Grundstudiums führt dieses Modul in die programmier-technischen Grundlagen und praktischen Anwendungen digitaler Rechensysteme ein; damit vermittelt er die Voraussetzungen des Folgemoduls "Technische Informatik".

Anhand der Konstrukte einer konventionellen Programmiersprache, vorwiegend Pascal oder C, wird in die algorithmische Denkweise und strukturierte Programmierung eingeführt. Die Einführung wird durch Elemente objektorientierter Programmierung, z. Zt. Java, erweitert und mit Grundsätzen der Analyse von Algorithmen (Oo-Kalkül) und der Validation von Programmen (Software-Test) aufgerundet.

Die vermittelten Kenntnisse sind universell einsetzbar; sowohl während des Studiums als auch im Berufsleben für einen qualifizierten Einsatz digitaler Rechensysteme als Hilfs- und Arbeitsmittel. Die erworbenen Kenntnisse versetzen die Studierenden in die Lage, Elementarvorlesungen des Instituts für Informatik zu folgen.

Zur Sicherstellung der Kompatibilität des Lehrinhalts wurde weitgehend die Empfehlung "Body of Knowledge" in "Computing Curricula 2001" von "The Joint Task Force on Computing Curricula, IEEE Computing Society and Association for Computing Machinery" berücksichtigt. Der Inhalt des Moduls entspricht den Blöcken

- "Programming Fundamentals (PF)": PF1-PF6,
- "Algorithms and Complexity (AL)": AL 1, AL7 und

- "Software Engineering (SE)": SE1.

Der Umfang der Betrachtungen wurde dem vorgegebenen zeitlichen Rahmen und der praktische Teil den Belangen unseres Instituts angepasst.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den Veranstaltungen

- *Datenverarbeitung*
- *Projekt Angewandte Programmierung*

In der Lehrveranstaltung *Datenverarbeitung* werden, ausgehend von Begriffen der Algorithmenlehre und Semiotik (Zeichenlehre), die syntaktischen, semantischen und pragmatischen Aspekte konventioneller algorithmischer Sprachen erörtert, die zu verschiedenen blockorientierten Sprachkonstrukten führen. Softwaretechnische Grundsätze, wie z.B. Geheimnisprinzip und Daten-/Algorithmenabstraktion, unter Benutzung geeigneter visueller Darstellung, führen zur Synthese dieser Konstrukte zu wohl strukturierten, leicht prüfbareren Programmen. Unerlässlich ist die anschließende Erweiterung des Abstraktionsprinzips auf Objektorientierung und deren Instrumentalisierung durch eine moderne Sprache, die z. Zt. durch Java verkörpert wird.

In der anschließenden Veranstaltung *Projekt Angewandte Programmierung* des vorliegenden Moduls wird anhand einer logisch abgeschlossenen, praxisnahen Aufgabenstellung in kleinen Gruppen in ganztägigen Blockveranstaltungen unter Anleitung von Tutoren das in der Veranstaltung *Datenverarbeitung* gelernte und in einzelnen Teilen geübte Wissen ins Praktische umgesetzt.

Inhaltliche Verwendbarkeit

Das Modul *Datenverarbeitung* vermittelt informationstechnische Kenntnisse, die heutzutage jeder Ingenieur bzw. jede Ingenieurin im Zusammenhang mit Anwendung zum qualifizierten Einsatz moderner Rechner besitzen muss. Er bzw. sie muss die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen dieses Einsatzes kennen, um ein blindes Vertrauen an die Computer zu vermeiden. Ein solches blindes Vertrauen kann zu Katastrophen führen, wie die Erfahrungen zeigen, z.B. durch unsichere syntaktische Sprachkonstrukte, deren pragmatische Umsetzung noch nicht ausgereift ist (Verwechslung von Komma mit Punkt in einer Iteration, Fehleranfälligkeit von Sprungbefehlen und Zeigergrößen in bestimmten Kontexten etc.).

Literatur:

- Manuskript zur Vorlesung *Datenverarbeitung*, <http://adt.upb.de/lehre.php>
- Steve Oualline: *Practical C programming*. 3. ed. Cambridge [u.a.]. O'Reilly, 1997. ISBN 1565923065
- Brian W. Kernighan; Dennis Ritchie: *Programmieren in C. Ansi C*. Hanser Fachbuch Verlag, 1990. ISBN 3446154973
- Robert Sedgewick: *Algorithms in C*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1990. ISBN 0201514257

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Elementare mathematische Kenntnisse auf dem Schulniveau, etwa naive Mengenlehre, Aussagenlogik und lineare Algebra. Diese Kenntnisse werden bei Bedarf, d.h. besonders schwachen Jahrgängen, in der Vorlesung vermittelt und in freiwilligen Tutorien vermittelt und eingeübt.

Lernziele der Veranstaltung

Am Ende des Moduls Datenverarbeitung sollen die Studierenden die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes moderner Rechensysteme (Hardware und Software) realistisch einschätzen.

Vermittlung von Faktenwissen - Inhaltskompetenz

Relevante Wissensbereiche der Veranstaltung und ausgewählte Anwendungszusammenhänge.

- Eigenschaften und Bestandteile von Algorithmen und algorithmischen Sprachen
- Realisierung elementarer Konstrukte für die Manipulation
 - des Steuerflusses (Sequenzen, Selektionen, Iterationen) und
 - des Datenflusses (arithmetische und logische Operationen)
- Standard-Elemente, skalare diskrete und kontinuierliche Datentypen; alphanumerische Daten und deren Aggregation und Operation mit diesen
- Selbstdefinierte Datenstrukturen und Operationen
- Fortgeschrittene Strukturen
 - Modularer Aufbau von Programmen; Steuerungsmechanismen; Rekursivität
 - Zeigergrößen, verkettete Listen
- Programmierung im Großen, Prinzipien der Softwaretechnik; Daten-/Algorithmen-Abstraktion; abstrakte Datentypen
- Grundsätze der Objektorientierung, dargestellt an Konstrukten einer modernen, gängigen Programmiersprache
- Elementare Analyse von Algorithmen und Validation von Programmen

Vermittlung von methodischem Wissen - Methodenkompetenz

Die Themen der Übungsaufgaben der Veranstaltung Datenverarbeitung beziehen sich meist auf Themen der Parallelveranstaltungen, etwa Matrizenoperationen oder Reihen/Folgen. Das Projektthema entstammt einer typischen Anwendung aus der Praxis, etwa Realisierung der grafischen Oberfläche einer technischen Anwendung unter Beachtung ihrer Portabilität.

Vermittlung von Transferkompetenz

In der Lehrveranstaltung Datenverarbeitung wird der Transfer des Gelernten in andere, teilweise noch abstrakt gehaltene Bereiche geübt ("Programmierung im Kleinen"). Das Projektstudium im zweiten Semester erweitert dies auf die Programmierung im Großen, d.h. auf eine konkrete, nicht-triviale Aufgabenstellung, wobei auf arbeitsteiliges Kooperieren in Gruppen Wert gelegt wird.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Sicherheitskritische Einsätze von Rechensystemen, etwa in Luft- und Raumtechnik, im Verteidigungsbereich, in der Medizintechnik oder in Kernkraftwerken, werden angesprochen und mit den Studierenden über Berufs-Ethik und Verantwortung der Ingenieure und Ingenieurinnen diskutiert. Programmiertechnische Ursachen konkreter Unglücksfälle bilden Anknüpfungspunkte zur Erläuterung der Gründe ständiger Saturation durch Einführung neuer Programmier-Paradigmen. Dies erklärt auch die kontinuierlich geringer werdenden Halbwertzeiten des Erlernen und damit die Notwendigkeit eines lebenslangen Weiter- und Selbststudiums neuer Inhalte.

Schlüsselqualifikationen

Erwarteter Beitrag der Veranstaltung ist die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen wie

- Selbstständige Einarbeitung in und Analyse von neuen Problemen
- Projektion der Problemkomponenten auf Lösungsschritte
- Kooperations- und Teamfähigkeit; faire Arbeitsteilung
- Präsentation erzielter Ergebnisse im Projektstudium, Analyse der evtl. Misserfolge
- Fachbezogenen Fremdsprachenkompetenzen (Gängige Programmiersprachen beinhalten ausschließlich englische Elemente)

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 6 LP

Dauer: 1 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Datenverarbeitung	Belli	2V, 2Ü	4	jedes WS
Projekt Angewandte Programmierung	Belli	2P	2	jedes WS

Methodische Umsetzung

- In Datenverarbeitung: kleinere Anwendungsbeispiele als Ausgangspunkte zur Einführung in ein Teilthema, spätere Konkretisierung von theoretischen Konzepten an praktischen Beispielen
- Im Projekt: Projektlernen mit hohem Aktivitätsanteil der Studierenden, starke Fallorientierung bei der Vermittlung von Inhalten

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Datenverarbeitung: Vorlesung, Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner
- Projekt: Projekt mit Selbststudiumsanteil und hoher Eigenaktivität unter berufsähnlichen Bedingungen
- Davon erwartete Aktivitäten der Studierenden: Einarbeitung ausgewählter Applikationspakete der jeweils benutzten, abwechselnden Programmierplattform
- Eingesetzte Materialien: Übungsblätter, Tutorien, Web-basierte Manuskripte
- Eingesetzte Medien: diverse Software-Tools je nach Projektthema
- Weiterführende Literaturhinweise zur Veranstaltung, insbes. Web-Adressen

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Datenverarbeitung	Schriftliche Prüfung
Projekt	Vor-Testat ("Kolloquium"), aktive Projektarbeit, Präsentation/Verteidigung erzielter Ergebnisse im Sinne eines Leistungsnachweises

Modulverantwortlicher

Belli

I.4.2 Modul Technische Informatik für Elektrotechniker

Rolle des Moduls im Studiengang

Aufbauend auf das Modul Datenverarbeitung führt dieses Modul im 2. und 3. Semester des Grundstudiums in die und hard- und softwaretechnischen Grundlagen des Aufbaus und der Wirkungsweise digitaler Rechensysteme ein; damit ergänzt und vertieft es die Kenntnisse des vorangegangenen Moduls über Anwendung, Aufbau und Wirkungsweise moderner Computer, die in nahezu allen Bereichen des täglichen Lebens einen Einsatz gefunden haben.

Die formalen Grundlagen bilden die unabdingbare Voraussetzung für das Verständnis komplexer Zusammenhänge im Einsatz von Rechensystemen, meist eingebettet in aufwendigen technisch-sozialen Umgebungen. Diese Grundlagen helfen auch, das Zusammenspiel zwischen verschiedenen Komponenten dieser Systeme zu verstehen. Darüber hinaus ist es möglich und notwendig, die Anordnung und Zusammenwirken dieser Komponenten den vorgesehenen Anwendungen anzupassen, wodurch unterschiedliche Konstellationen (Architekturen) für ihren Aufbau zu einem Gesamtsystem entstehen.

Die vermittelten Kenntnisse sind universell einsetzbar; sowohl während des Studiums als auch des Berufslebens für einen qualifizierten Einsatz digitaler Rechensysteme als Hilfs- und Arbeitsmittel. Die erworbenen Kenntnisse versetzen die Studierenden auch in die Lage, Lehrveranstaltungen des Nachbar-Instituts für Informatik zu folgen.

Zur Sicherstellung der Kompatibilität des Lehrinhalts wurde weitgehend die Empfehlung „Body of Knowledge“ in „Computing Curricula 2001“ von „The Joint Task Force on Computing Curricula, IEEE Computing Society and Association for Computing Machinery“ berücksichtigt. Der Inhalt des Moduls entspricht den Blöcken

- „Architecture (AR)“: AR1-AR6 und
- „Operating Systems (OS)“: OS1, OS4, OS5, OS6.

Der Umfang der Betrachtungen wurde dem vorgegebenen zeitlichen Rahmen und der praktische Teil den Belangen unseres Instituts angepasst.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den Veranstaltungen

- *Digitaltechnik*
- *Technische Informatik für Elektrotechniker*

In der Lehrveranstaltung *Digitaltechnik* werden mathematisch-logische und technischer Grundlagen vermittelt: Einheitliche Darstellung von Daten und Steuerinformationen, Codes und Codierungssysteme, Boolesche Algebra, Schaltfunktionen und ihre Minimierung, kombinatorische und sequentielle Schaltungen und ihr Einsatz in der Praxis, endliche (Moore) Automaten, Ereignisalgebra, Experimente mit und Testen von Automaten und ihre Anwendung für Hard- und Software-Test.

Literatur:

- Daniel D. Gajski: Principles of Digital Design; Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997
- Bernd Becker, Rolf Drechsler, Paul Molitor: Technische Informatik - Eine Einführung; München: Pearson Studium, 2005
- Handouts der Vorlesungsfolien

In der anschließenden Veranstaltung *Technische Informatik für Elektrotechniker* werden Komponenten digitaler Rechensysteme anhand klassischer (von-Neumann-) Architektur und Eigenschaften maschinennaher Programmierung eingeführt. Die rasante technische und organisatorische Weiterentwicklung wird anhand moderner Architekturen diskutiert, womit die Betrachtung in einigen Bereichen exemplarisch vertieft wird. Unterschiedliche Ebenen, Organisationsformen und Elemente der Speicherverwaltung sowie der Ein-/Ausgabe und der Datenübertragung werden erörtert. Alternativ-Modelle der CPU-Implementation und die dadurch erzielbare Betriebssystemunterstützung zur effizienten Auftragsabarbeitung und Ressourcenverwaltung werden diskutiert. Schutz- und Sicherheitsmechanismen zur System- und Datenintegrität schließen die Betrachtungen ab.

Literatur:

- Bernd Becker, Rolf Drechsler, Paul Molitor: Technische Informatik - Eine Einführung; München: Pearson Studium, 2005

- John P. Hayes: Computer Architecture and Organization (3rd Edition); Boston: McGraw-Hill, 1998
- David A. Patterson, John L. Hennessy: Computer Organization and Design - The Hardware/Software Interface (2nd Edition); San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1998

Inhaltliche Verwendbarkeit

Das Modul vermittelt elementare Kenntnisse der technischen Informatik, die heutzutage jeder Ingenieur bzw. jede Ingenieurin im Bereich Elektro- und Informationstechnik im Umgang mit modernen Rechensystemen besitzen muss. Er bzw. sie muss die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen dieses Einsatzes kennen, um ein blindes Vertrauen an die Computertechnik zu vermeiden, die zu Katastrophen führen kann und in der Vergangenheit auch geführt hat, z.B. ungeeignete Computer-Arithmetik, Nicht-Berücksichtigung der Wortlänge des Prozessors auf der neuen Programmierplattform etc.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Modul Datenverarbeitung.

Lernziele der Veranstaltung

Am Ende dieses Moduls sollen die Studierenden die Möglichkeiten des Einsatzes moderner Rechensysteme (Hardware und Software) realistisch einschätzen: Einerseits ihre Notwendigkeit kennen, andererseits aber potentielle Risiken ihres Einsatzes wegen logischer und technischer Grenzen dieser technischen Systeme berücksichtigen.

Vermittlung von Faktenwissen – Inhaltskompetenz

Relevante Wissensbereiche der Veranstaltung und ausgewählte Anwendungszusammenhänge.

- Formale Grundlagen im Bereich technische Informatik; unterschiedliche algebraische Betrachtungen (Zahlenalgebra vs. Boolesche bzw. Ereignisalgebra)
- Eigenschaften und Bestandteile von Rechensystemen und deren Realisierung
- Unterschiedliche Architekturen und ihre Verwendung
- Grundsätze maschinennaher Programmierung, dargestellt an Konstrukten einer Assembler-Sprache

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

Die Studierenden werden mit der Beschreibung sowie der Analyse und Synthese von Rechensystemen mit Hilfe abstrahierender, also von der konkreten Realisierung wegstrebender, Modelle in verschiedenen Konstellationen vertraut gemacht.

Vermittlung von Transferkompetenz

Der Transfer der erlernten Inhalte wird durch geeignete, praktische Aufgaben eingeübt.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Die Verletzungen der Daten- und Systemintegrität in empfindlichen Bereichen finden das öffentliche Interesse und kommen in letzter Zeit häufiger vor (Viren, Hacker). Diese Probleme werden angesprochen und mit den Studierenden über Verantwortung der Ingenieure und Ingenieurinnen in diesen Bereichen im Zusammenhang mit Schutz und Sicherungstechniken diskutiert.

Wie im Modul Datenverarbeitung, bilden auch in diesem Modul technische Ursachen konkreter Unglücksfälle Anknüpfungspunkte zur Begründung ständiger Einführung neuer Techniken und Organisationsformen und der ständig geringeren Halbwertzeiten des Erlernen sowie der Notwendigkeit eines lebenslangen Weiter- und Selbststudiums.

Schlüsselqualifikationen

Erwarteter Beitrag der Veranstaltung ist die Vermittlung von Schlüsselqualifikationen wie

- Selbstständige Einarbeitung in und Analyse von neuen Problemen
- Projektion der Problemkomponenten auf Lösungsschritte
- fachbezogene Fremdsprachenkompetenzen (Programmiersprachen und Fachtermini beinhalten größtenteils englische Elemente)

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 8 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Digitaltechnik	Hellebrand	2V, 2Ü	4	jedes SS
Technische Informatik für Elektrotechniker	Hellebrand	2V, 2Ü	4	jedes WS

Methodische Umsetzung

Kleinere Anwendungsbeispiele als Ausgangspunkte zur Einführung in ein Teilthema, spätere Konkretisierung von theoretischen Konzepten an praktischen Beispielen.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesung, Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner.
- Eingesetzte Materialien: Übungsblätter, Tutorien, web-basierte Manuskripte
- Eingesetzte Medien: diverse Software-Tools je nach Themenstellung

- Weiterführende Literaturhinweise zur Veranstaltung, insbes. Web-Adressen

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Digitaltechnik	schriftliche Prüfung
Technische Informatik für Elektrotechniker	schriftliche Prüfung

Modulverantwortliche

Hellebrand

I.4.3 Signal- und Systemtheorie

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

Der Modul Signal- und Systemtheorie bietet eine Einführung in die fundamentalen Techniken, die für das Verständnis und die Analyse von zeitkontinuierlichen Signalen und zeitkontinuierlichen (linearen) dynamischen Systemen erforderlich sind. Die Studierenden werden an die Erarbeitung und Anwendung dieser grundlegenden Methoden in einer abstrahierenden Weise herangeführt, wobei wegen der angestrebten Klarheit und Präzision der Abhandlungen der Einsatz mathematischer Notationen unverzichtbar ist - allerdings ist die Rolle der Mathematik mehr auf das Entdecken von Zusammenhängen als auf die Führung von Beweisen gerichtet.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den Veranstaltungen

- *Signaltheorie*
- *Systemtheorie*

Im *signaltheoretischen* Teil werden die Methoden zur Beschreibung der Übertragung von harmonischen Signalen durch lineare zeitinvariante Systeme schrittweise auf periodische und aperiodische Signale erweitert. Dazu werden zunächst periodische Signale und ihre Repräsentation durch Fourier-Reihen untersucht. Dann wird die Fourier- bzw. die Laplace-Transformation zur Darstellung aperiodischer Signale behandelt und aufgezeigt, wie eine Vielzahl von Signalen und ihre Übertragung durch lineare zeitinvariante Systeme mit Hilfe dieser Transformationen dargestellt und analysiert werden kann.

Im *systemtheoretischen* Teil werden zunächst zur mathematischen Beschreibung des dynamischen Verhaltens von linearen und nichtlinearen, zeitvarianten und zeitinvarianten dynamischen Systemen mathematische Modelle im Zustandsraum eingeführt. Anhand der Lösungen dieser mathematischen Modelle für lineare zeitinvariante Systeme werden die Systemeigenschaften analysiert und verschiedene wichtige Begriffe der Systemtheorie herausgearbeitet: Theorie der Transitionsmatrix und ihre Anwendung am Beispiel der Störungsrechnung für Trajektorien (Bahnkorrektur eines Satelliten), reguläre Zustandstransformationen, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit, Stabilität des Eingangs-/Ausgangsverhaltens linearer Systeme und Stabilität der Ruhelagen nichtlinearer Systeme.

Literatur:

- Kailaith, Th.: Linear Systems. Prentice Hall, 1980.
- Ludyk, G.: Theoretische Regelungstechnik. Springer Verlag, 1995.

Inhaltliche Verwendbarkeit

Das Modul stellt ein Fundament dar für eine weitergehende Vertiefung in der Automatisierungs- und Regelungstechnik sowie in der Informations- und Kommunikationstechnik.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Vorkenntnisse aus den Modulen Höhere Mathematik, Physik und Grundlagen der Elektrotechnik werden vorausgesetzt.

Lernziele der Veranstaltung

Die Studierenden sollen mit der Beschreibung und der Analyse von zeitkontinuierlichen Signalen und dynamischen Systemen mit Hilfe von abstrahierenden, also von der konkreten Realisierung wegstrebenden, signal- und systemtheoretischen Methoden vertraut gemacht werden.

Vermittlung von Faktenwissen – Inhaltskompetenz

Mathematische Beschreibung und Analyse von zeitkontinuierlichen Signalen,

Mathematische Beschreibung und Analyse von zeitkontinuierlichen dynamischen Systemen,

Mathematische Beschreibung und Analyse der Übertragung von Signalen durch lineare Systeme mit Hilfe der Fourier- bzw. der Laplace-Transformation.

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

Es werden Methoden zur mathematischen Beschreibung und Analyse von zeitkontinuierlichen Signalen im Zeit- und Frequenzbereich sowie Methoden zur mathematischen Beschreibung und Analyse von zeitkontinuierlichen dynamischen Systemen im Rahmen von Zustandsmodellen und Übertragungsfunktionen vermittelt.

Vermittlung von Transferkompetenz

Die zur Beschreibung und Analyse von zeitkontinuierlichen Signalen und dynamischen Systemen vermittelten Methoden sind abstrakt, also vom konkreten Ursprung bzw. der konkreten Realisierung losgelöst und damit auch in anderen technischen und nichttechnischen Disziplinen einsetzbar.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Die Methoden der Signal- und Systemtheorie enthalten weder eine politische noch eine soziokulturelle Wertung und sind daher nicht richtliniengleitend. Die Studierenden sollen in der Lage sein, die den einzelnen Methoden anhaftenden Grenzen ihrer Anwendbarkeit zu erkennen: etwa der Einsatzbereich einer Fourier-Transformation verglichen mit jenem einer Laplace-Transformation oder die unterschiedlichen Anwendungsfelder der Begriffe BIBO-Stabilität und Ljapunov-Stabilität.

Schlüsselqualifikationen

Die für das Berufsleben von Akademikern zunehmend wichtige Fähigkeit, sich selbst weiterzubilden, soll bei den Studierenden durch eine abstrakte und präzise Behandlung der fachwissenschaftlichen Inhalte gefördert werden.

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 10 LP

Dauer: 1 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Signaltheorie	Meerkötter	2V, 2Ü	5	jedes SS
Systemtheorie	Gausch	2V, 2Ü	5	jedes SS

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesungen mit überwiegender Tafelinsatz, vereinzelt Präsentation umfangreicher Zusammenhänge über Folien.
- Demonstration dynamischer Vorgänge an realen technischen Systemen im Hörsaal.
- Bereitstellung eines Skriptes und Angaben über weiterführende Literatur.
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner.

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Signaltheorie	schriftliche Prüfung
Systemtheorie	schriftliche Prüfung

Modulverantwortlicher

Gausch

I.5 Praktikum

I.5.1 Laborpraktikum

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

Im Laborpraktikum sollen die Studierenden ihre in den elektrotechnischen Vorlesungen des Bachelor-Studiums Elektrotechnik erworbenen Kenntnisse praktisch vertiefen. Das Praktikum

findet im zweiten, dritten und vierten Semester statt. Anhand von spezifischen Aufgabenstellungen erarbeiten die Studierenden in Kleingruppen (3 Personen) selbständig Lösungen und wenden somit grundlegende Methoden aus den Bereichen Elektrotechnik, Leistungselektronik, Energietechnik, Messtechnik, Schaltungstechnik und Datentechnik an. Sie erlangen Fertigkeiten beim Einsatz unterschiedlicher elektrischer Geräte und Messgeräte. Aufgrund der allgemein großen Bedeutung für die qualitative und quantitative Bestimmung elektrotechnischer Größen werden die Messfehleranalyse (Fehlerursachen, Fehlerarten) und die Messfehlerbehandlung (Fehlerfortpflanzung) intensiv behandelt. Besonderer Wert wird auf eine sorgfältige Dokumentation der Ergebnisse (Tabellen, Grafiken, Skizzen) gelegt. Durch die Betonung der Teamleistung wird kooperatives Arbeiten gefördert.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Laborpraktikum A: (Mertsching, Böcker).

Grundlagen der Elektrotechnik A (Mertsching)

- Gleichstromschaltungen

Spannungsteiler, Stromteiler, Energie und Leistung (Leistungsanpassung), Superposition, Nichtlineare Zweipole

- Felder (elektrische und magnetische)

Strömungsfelder (Messung Stromdichtefeld), Elektrisches Feld (Kräfte auf Ladungen, Zusammenhang el. Potential - el. Feld), Magnetische Felder (Kräfte auf bewegte Ladungen, Messung Magnetfeld, Aufnahme der Hystereseschleife)

- Induktionsvorgänge

Bewegungsinduktion (bewegter Leiter im Magnetfeld), Transformationsinduktion (Leiterschleife im zeitlich veränderlichen Magnetfeld, Lenz'sche Regel (Spule und bewegter Magnet, Aluminiumring auf Spule), Wirbelströme (bewegtes Blech im Magnetfeld, Wirbelstrombremse, Eisen und Blechpakete im zeitlich veränderlichen Magnetfeld), Selbstinduktion und Gegeninduktion (lose und feste Kopplung zweier Spulen, Magnetische Energie (Ummagnetisierungsverluste)

Grundlagen der Elektrotechnik B (Böcker)

- Ausgleichsvorgänge

Transientes Verhalten linearer und nichtlinearer Schaltungen, Zeitkonstanten

- Wechselstromkreise

Frequenzkennlinien, Resonanz, Güte

- Leistung

Elektrische und mechanische Leistung, elektromotorische Kraft, Verluste, Wirkungsgrad

Laborpraktikum B: (Hellebrand, Hilleringmann)

Datentechnik (Hellebrand)

- Digitale Grundgatter
NAND-, NOR-Inverter-Gatter, Multiplexer
- Speicherschaltungen
Speicherzellen, Flip-Flops, Register
- Arithmetikeinheiten
Shifter, Addierer, Multiplizierer, Dividierer
- Digitale Steuerwerke
- Programmierung von Mikrocontrollern

Schaltungstechnik (Hilleringmann)

- Kennlinien passiver Bauelemente
Dioden, Solarzellen, Photodioden
- Kennlinien aktiver Bauelemente
Bipolar- und MOS-Transistoren
- Transferkennlinien von Emitter-, Kollektor- und Basisschaltung, Source-Folger
- Analoge Grundschaltungen
Stromspiegel, Verstärkergrundstufen, Differenzstufen
- Messungen an Schaltungen mit Operationsverstärkern

Laborpraktikum C: (Henning, Voss)

Messtechnik (Henning)

- Messgeräte und rechnergestützte Datenerfassung
Multimeter, Zähler und Oszilloskop im praktischen Einsatz an ausgewählten Beispielen, PC zur Messdatenerfassung und Messdatenvisualisierung
- Messverstärker
Kenngrößenbestimmung an Operationsverstärkern, Gegenkopplungsarten, Differenz- und Instrumentationsverstärker
- Signalanalyse
Bestimmung von Signalkenngrößen im Amplituden-, Zeit- und Frequenzbereich, analoge und digitale Methoden zur Spektralanalyse
- Messung nichtelektrischer Größen
Systematik von Messwertaufnehmern, Messübungen an drei ausgewählten Beispielen:
Temperaturmessung mit Thermoelementen, Messung von Licht- und Strahlungsgrößen, kapazitive Feuchtemessung

Energietechnik (Voss)

- Nachbildung von Energieübertragungssystemen
Hochspannungs-Drehstromübertragung, Leitungsgleichungen, Wellenwiderstand, natürliche Leistung
- Frequenzregelung in Inselnetzen
Leistungsgleichgewicht, Primärregelung, Sekundärregelung, Netzstatik, Netzdynamik, Betriebsweise thermischer Kraftwerke
- Statische Stabilität, Netzverluste, Leistungsflüsse
Starres Netz, Wirk- und Blindleistungsflüsse, wirtschaftlicher Netzbetrieb
- Regelung in elektrischen Verbundnetzen
Frequenz-Leistungsregelung, Primärregelung, Sekundärregelung
- Von der Solarzelle zu Photovoltaik-Generatoren
Ermittlung der charakteristischen Kenngrößen, Temperaturabhängigkeiten, Fremdlichteinflüsse

Inhaltliche Verwendbarkeit

- Erlernen sorgfältiger experimenteller Arbeit (Planung und Durchführung von Experimenten)
- Entwicklungen von Fähigkeiten zur qualifizierten Fehlerbetrachtung
- Entwicklungen von Fähig- und Fertigkeiten zur Auswahl und zum Einsatz elektrischer bzw. elektronischer Messgeräte und Geräte

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

- Mathematische Grundkenntnisse: Mathematik A/B
- Grundlagen der Elektrotechnik
- Naturwissenschaftliche Kenntnisse: Physik

Lernziele der Veranstaltung

- Vertiefung theoretischer Vorlesungsinhalte durch laborpraktische Übungen
- Ergänzung der Vorlesungsinhalte
- Entwicklung einer selbstständigen wissenschaftlichen Arbeit
- Teamarbeit erlernen

Vermittlung von Faktenwissen – Inhaltskompetenz

- Erweiterungen und Ergänzung der Fachkenntnisse zu den jeweiligen Fachdisziplinen der Elektrotechnik
- Festigung und Vertiefung des Verständnisses der Wirkungsweise technischer Systeme

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

- Erarbeitung und Kennenlernen fachspezifischer Methoden zur Behandlung und Lösung technischer Probleme anhand ausgewählter Beispiele

Vermittlung von Transferkompetenz

- Rhetorik, Ergebnispräsentation
- Problemanalyse, Lösungsstrategie und Ergebnisbewertung sind auf andere technische und nichttechnische Aufgaben übertragbar

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

- Kennenlernen der Funktionsweise von Programmen zur Modellierung und numerischen Simulation technischer Sachverhalte
- Erwerben von Fähig- und Fertigkeiten zum problemangepassten Einsatz softwaretechnischer Werkzeuge

Schlüsselqualifikationen

- Kooperations- und Teamfähigkeit
- Strategien des Wissenserwerbs
- Techniken wissenschaftlichen Arbeitens
- Ergebnispräsentation
- Problemerkennungs- und Lösungsfähigkeit
- Urteils- und Entscheidungsfähigkeit
- Disziplinübergreifendes, ganzheitliches, vernetztes Denken
- Selbstvertrauen
- Bereitschaft zur Übernahme der Vorbildfunktion

Modulzugehörigkeit

- Pflichtmodul

Modus

- Leistungspunkte pro Modul: 6 LP
- Dauer: 3 Semester

Veranstaltung	Dozenten	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Laborpraktikum A	Mertsching / Böcker	4 SWS, 14-tägig	2	jedes SS
Laborpraktikum B	Hellebrand / Hille-ringmann	4 SWS, 14-tägig	2	jedes WS

Laborpraktikum C	Henning / Voss	4 SWS, 14-tätig	2	jedes SS
------------------	----------------	-----------------	---	----------

- 8 Praktikumsversuche pro Laborpraktikum A, B, C
- Leistungspunkte pro Praktikumsversuch: je 0,25 LP

Methodische Umsetzung

- Die theoretischen Vorlesungsinhalte werden durch die Gruppenarbeit in kleinen Gruppen vertieft.
- Im Eingangskolloquium werden die wesentlichen und relevanten fachspezifischen Grundkenntnisse aufgefrischt und die Studierenden können ihre Versuchsvorbereitungen diskutieren.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Praktische Laborübungen in Kleingruppen
- Notwendige aktive Mitarbeit der Studierenden
- Eingesetzte Medien: Labormessgeräte, Versuchsaufbauten, PC...

Veranstaltungsverantwortliche

Laborpraktikum A: Böcker

Laborpraktikum B: Hellebrand

Laborpraktikum C: Voss

Gesamtmodulverantwortlicher

Henning

II. Module im 2. Studienabschnitt des B.Sc.-Studiengangs

Im zweiten Studienabschnitt sind drei Vertiefungsmodule vorgesehen: Informationstechnik, Mikrosystemtechnik und Automatisierungstechnik. Jedes Vertiefungsmodul besteht jeweils aus einer Pflichtveranstaltung sowie zwei Wahlpflichtveranstaltungen, die aus einer vorgegebenen Liste ausgewählt werden können.

Damit erhalten die Studierenden zum einen einen ersten Einblick in die drei wesentlichen Teilbereiche der Elektrotechnik und haben zum anderen die Möglichkeit, sich ihren Interessen entsprechend zu vertiefen.

Neben den Modulprüfungen in den Vertiefungsmodulen sind folgende Prüfungsleistungen abzulegen:

1. Im Studium Generale Lehrveranstaltungen im Umfang von insgesamt 8 Leistungspunkten. Es wird empfohlen, Fächer aus dem Katalog Ingenieurqualifikation zu wählen.
2. Eine Bachelorarbeit im Umfang von 12 LP (360 SWS)

II.1 Gebiet Vertiefungen

II.1.1 Informationstechnik

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

Das Modul *Informationstechnik* vermittelt weiterführende Kenntnisse über die technische Verarbeitung und Übertragung von Information. Die Vorlesung *Nachrichtentechnik* wird dabei als kanonische Vorlesung im Bereich der Informationstechnik angesehen, da sie grundlegende Begriffe einführt (z.B. den der Information) und eine abstrakte Beschreibung informationsverarbeitender Systeme mit Hilfe der Systemtheorie liefert, die unabhängig von konkreten Bauelementen oder Schaltungsrealisierungen ist.

Durch Auswahl entsprechender Wahlpflichtfächer aus einem Katalog hat der Studierende Gelegenheit, vertiefende Kenntnisse in verschiedenen Bereichen der Informationstechnik zu erwerben. Der Katalog umfasst zum einen Fächer, in denen Prinzipien und Algorithmen der Informationsverarbeitung vorgestellt werden, insbesondere aus den Bereichen Nachrichtentechnik und Signalverarbeitung. Zum anderen werden Fächer aus dem Bereich der Softwaretechnik angeboten, welche, neben der Hardwaretechnik, die im Modul Mikrosystemtechnik vertieft wird, das wesentliche Mittel zur Realisierung informationsverarbeitender Systeme ist.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Vertiefungsmodul besteht aus der Pflichtveranstaltung

- *Nachrichtentechnik* (Hüb-Umbach)

und zwei Wahlpflichtveranstaltungen aus dem folgenden Katalog:

- *Elemente digitaler Kommunikationssysteme* (Hüb-Umbach)
- *Optische Informationsübertragung* (Noé)
- *Verlässliches Programmieren in C/C++* (Belli)
- *Statistische Signalbeschreibung* (Meerkötter)
- *Verkehrstelematik* (Schulz)

Die Veranstaltung *Nachrichtentechnik* beschäftigt sich mit dem Beschreiben, Codieren, Senden, Übertragen und Empfangen von Information. Die Funktionsweise eines Systems wird über eine Eingangs-/Ausgangsbeschreibung oder über eine abstrakte Zustandsbeschreibung definiert. Eine solche Abstraktion ist unverzichtbar, um die Komplexität technischer Systeme in dem Griff zu bekommen.

Da die zu übertragende Information Zufallscharakter hat und da auch die Störungen bei der Übertragung zufälliger Natur sind, spielen Methoden der statistischen Signalbeschreibung

eine große Rolle. Ein Ziel dieser Vorlesung ist daher auch, die statistische Signalbeschreibung den Studierenden nahe zu bringen, da dies der Schlüssel zum Verständnis der modernen Kommunikationstechnik, Signalverarbeitung, Mustererkennung und anderer Gebiete ist.

Zunächst wird eine kurze Einführung in die Informationstheorie gegeben, indem die grundlegenden Begriffe wie z.B. Entropie erläutert werden und Shannons Theoreme zur Quellen- und Kanalcodierung vorgestellt werden. Anschließend wird die Theorie linearer zeitinvarianter Systeme und Integraltransformationen behandelt (Fouriertransformation), die den Studenten im Wesentlichen schon aus den Vorlesungen des Moduls „Signal- und Systemtheorie“ bekannt sind. Jedoch wird hier insbesondere auf die Behandlung zeitdiskreter Signale und Systeme eingegangen und der Übergang von zeitkontinuierlichen auf zeitdiskreter Signale ausführlich beschrieben (Abtasttheoreme). Es folgt eine systemtheoretische Beschreibung von Tiefpass- und Bandpasssystemen, insbesondere die äquivalente Basisbanddarstellung reeller Bandpasssignale und -systeme wird eingeführt. Den Schwerpunkt der Vorlesung bildet das nachfolgende Kapitel über digitale Übertragung mit Pulsamplitudenmodulationsverfahren. Hier werden die grundlegenden Konzepte eines Übertragungssystems vorgestellt: Nyquistbedingung für intersymbolinterferenzfreie Übertragung, Signalraumkonstellationen, signalangepasste Filterung, Entscheidungsregeln für die Detektion (Maximum-Likelihood und Maximum-a-Posteriori-Regel). Den Abschluss bildet ein Exkurs über analoge Übertragungsverfahren (Amplituden- und Frequenzmodulation).

Die Vorlesung *Elemente digitaler Kommunikationssysteme* ergänzt bzw. erweitert damit den Stoff der Pflichtlehrveranstaltung Nachrichtentechnik. Durch die Darstellung von Zeitsignalen als Vektoren in einem Signalraum können nach einem Entwurfskriterium optimale Empfängerstrukturen anschaulich hergeleitet werden. Dies eröffnet ein besseres Verständnis der ansonsten verwirrenden Vielzahl an Übertragungssystemen. Anschließend wird die Klasse der orthogonalen Modulationsverfahren vorgestellt und den aus der Veranstaltung *Nachrichtentechnik* bekannten Pulsamplitudenmodulationsverfahren gegenübergestellt. Mit diesen Kenntnissen wird der Studierende in die Lage versetzt, eine geeignete Modulationsart für gegebene Randbedingungen bzgl. Bandbreite, Sendeleistung, Art der Störung auf dem Kanal und Komplexität der Realisierung auszuwählen. Schließlich wird das Gebiet der Kanalcodierung ausführlich behandelt, da kaum eine digitale Übertragung ohne Kanalcodierung existiert. Es werden die Prinzipien der Block- und Faltungscodierung vorgestellt, Codier- und Decodierverfahren beschrieben, und es erläutert, wie die Leistungsfähigkeit der Verfahren bestimmt werden kann. Weiterhin werden moderne breitbandige Übertragungsverfahren behandelt, wie z.B. Codemultiplex- und orthogonale Frequenzmultiplexverfahren.

Literatur:

Nachrichtentechnik und Elemente digitaler Kommunikationssysteme:

- R. Häb-Umbach, „*Nachrichtentechnik – Skript zur Vorlesung*“, Paderborn, 2005.
- E. Lee und D. Messerschmitt, „*Digital Communication*“, Kluwer, 2002
- J. Proakis und M. Salehi, „*Grundlagen der Kommunikationstechnik*“, Pearson Studium, 2004

Die Lehrveranstaltung *Optische Informationsübertragung* behandelt die Breitband-Datenübertragung über Lichtwellenleiter als Grundlage von Internet und Telefonnetz aus der Sicht eines Hardware-Entwicklers. Die Übertragung selbst wird durch den Wellenaspekt der elektromagnetischen Strahlung beschrieben. Die Emission, Verstärkung, ggf. Umwandlung und Absorption von Photonen werden dagegen durch den Teilchenaspekt beschrieben. Dies

und Grundkenntnisse in Nachrichtentechnik und Elektronik öffnen das Verständnis optischer Datenübertragungstrecken. Einen Schwerpunkt bilden Systeme mit hoher Kapazität beruhend auf Wellenlängenmultiplex – möglich sind >10 Tbit/s oder transozeanische Streckenlängen.

Die Veranstaltung *Verlässliches Programmieren in C/C++* widmet sich dem wichtigen Aspekt der Qualitätssicherung in der Softwaretechnik. Beispielhaft an der Programmierung mit C/C++ unter Unix wird die Validation erstellter Produkte, aber auch das Konfigurationsmanagement während des Software-Erstellungsprozesses behandelt.

Den Studierenden soll ein Bewusstsein für die Bedeutung der Software-Prüfung als zentralen Bestandteil eines ganzheitlichen Qualitätsmanagements zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Verlässlichkeit vermittelt werden.

Viele der in der Praxis auftretenden Signale verlaufen zeitlich sehr unregelmäßig, so dass eine detaillierte mathematische Beschreibung nur mit sehr großem Aufwand oder gar nicht möglich ist. Als adäquates Mittel zur mathematischen Modellierung dieser Signale verwendet man in der Signaltheorie das Konzept des stochastischen Prozesses, und zwar unabhängig davon, ob diese Signale tatsächlich durch den Zufall gesteuert sind oder auf andere Art und Weise generiert werden. Ausgehend von den Ergebnissen der elementaren Wahrscheinlichkeitsrechnung werden in der Vorlesung *Statistische Signalbeschreibung* die Konzepte der Zufallsvariablen und des stochastischen Prozesses eingeführt und zur Lösung interessanter informationstechnischer Aufgaben eingesetzt, wobei exemplarisch wichtige Schätz- und Filterverfahren behandelt werden.

Die Vorlesung *Verkehrstelematik* beschreibt Anwendungen aus dem Bereich Nachrichtentechnik und Verkehr. Viele Systeme im und um das Automobil verwenden Lösungen aus dem Telematikfeld, z.B. zur Fahrzeugnavigation unter Einbeziehung von aktuell erhobenen und an das jeweilige Fahrzeug übertragenen Verkehrsdaten. Es wird in dieser Lehrveranstaltung u.a. der Stand der Algorithmen zur Routensuche, der Übertragungsprotokolle, der Eigenschaften von dynamischer Datenerfassung sowie der Fahrzeugsensoren vermittelt. Auch die fahrzeuginterne Datenübertragung durch Fahrzeug-Bus-Systeme wird erarbeitet. Hierzu sind Vorkenntnisse aus dem Bereich des Moduls „Signal- und Systemtheorie“ genauso wichtig wie aus dem Modul „Technische Informatik“ in denen wesentliche Grundlagen für das Verständnis und die weitere Erarbeitung des Stoffs der Telematik gelegt werden.

Literatur:

- Eberspächer, J., Vögel, H.-J., Bettstetter, CH. GSM - Global System for Mobile Communications, Teubner Stuttgart, 3. Aufl.,2001
- Lee, W.C.Y. Mobile Cellular Telecommunications Systems, 2nd. Ed., McGraw-Hill Book Company, 1995
- Holma, H., Toskala, A. WCDMA for UMTS, John Wiley & Sons Ltd, 2000

Inhaltliche Verwendbarkeit

Die Behandlung eines komplexen technischen Systems auf der Abstraktionsebene der Systemtheorie ist eine typische Herangehensweise in der Nachrichtentechnik. Das Einüben dieser Denkweise ist wesentlich, um die Komplexität heutiger technischer Systeme zu bewältigen.

Die von Shannon begründete Informationstheorie ist die Grundlage der heutigen Kommunikationstechnik und hat darüber hinausgehende Anwendungen (z.B. Wirtschaftswissenschaften, Kryptographie). Ein Verständnis heutiger Systeme ist ohne diese Grundlage nicht möglich.

Die Vorlesung Nachrichtentechnik legt den Schwerpunkt auf die Beschreibung zeitdiskreter Signale und Systeme, sowie digitaler Übertragungsverfahren, da heutige und in noch stärkerem Maße zukünftige Kommunikationssysteme digital realisiert werden.

Statistische Verfahren, wie sie in der Vorlesung Nachrichtentechnik eingeübt und in der Vorlesung Statistische Signalbeschreibung vertieft werden, finden Anwendungen in vielfältigen Gebieten. Sie erlauben die Herleitung von nach einem Entwurfskriterium optimalen Algorithmen.

In den Wahlpflichtfächern können vertiefende Kenntnisse über Komponenten und Verfahren der Informationstechnik erworben werden. Hier schließen sich zunächst die Fächer Nachrichtentechnik B, Optische Informationsübertragung und das Praktikum Informationstechnik an. Das Wahlpflichtfach Verkehrstelematik schlägt dann eine Brücke zwischen Informationstechnik und Informatik. Die Fächer Softwaretechnik und Verlässliches Programmieren unter C/C++ vermitteln das Handwerkszeug, mit dem informationstechnische Aufgaben realisiert werden.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Als Vorkenntnisse werden die Inhalte des Moduls „Signal- und Systemtheorie“ sowie der Module „Technische Informatik“, „Bauelemente“ und besonders für das Praktikum Informationstechnik Kenntnisse aus dem Modul „Praktikum“ vorausgesetzt. Die Optische Informationsübertragung baut auch auf der „Feldtheorie“ auf. Ansonsten wird von den mathematischen und elektrotechnischen Grundkenntnissen ausgegangen, die durch die Vorlesungen zur höheren Mathematik und Grundlagen der Elektrotechnik gegeben sind.

Lernziele der Veranstaltungen des Moduls

Die Studierenden sollen ein Verständnis für eine systemtheoretische Betrachtung von Problemstellungen aus der Informationstechnik gewinnen. Sie sollen in der Lage sein, technische Systeme auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen zu erfassen.

Die Studierenden sollen vertraut werden mit zeitdiskreten Signalen und Systemen und einer statistischen Signalbeschreibung, denn die meisten heutigen technischen Realisierungen basieren genau auf diesen Konzepten.

Weiterhin sollen die Studierenden in der Lage sein, aus gegebenen Randbedingungen (z.B. verfügbare Bandbreite, Sendeleistung) Entwurfsentscheidungen für die wesentlichen Parameter eines Kommunikationssystems zu treffen (z.B. Modulationsart, Datenrate). Sie sollen ein Verständnis dafür gewinnen, wie Daten auch über gestörte Kanäle sicher übertragen werden können. Im Informationstechnischen Praktikum sollen die Studierenden lernen, die Komponenten eines Übertragungssystems auch messtechnisch zu erfassen.

Hardware-Entwicklungskompetenz für ultra-breitbandige Kommunikationssysteme wird in der Wahlpflichtveranstaltung Optische Informationsübertragung erworben.

Durch die Wahlpflichtveranstaltungen im Bereich der Softwareentwicklung erwerben die Studierenden wichtige Kompetenzen zur Realisierung informationsverarbeitender Systeme.

Weiterhin kann das Zusammenführen von Kenntnissen aus der Informatik und der Telekommunikation zu Anwendungen im Verkehr und der Medizin führen und den Studierenden exemplarisch zeigen, wie die einzelnen Fächer zu einem umfassenden Systementwurf führen.

Vermittlung von Faktenwissen - Inhaltskompetenz

Shannon'scher Informationsbegriff, Einfache Quellencodierverfahren (Huffman-Code), Kanalcodierungsverfahren

Zeitdiskrete Signale: Darstellung, Faltung, Fouriertransformation, Abtasttheoreme

Komponenten eines Übertragungssystems

Digitale und analoge Modulationsverfahren

Systematischer Entwurf von Empfängerstrukturen ausgehend von einem Optimalitätskriterium

Optische Datenübertragung

Grundlegende Kenntnisse der verlässlichen Programmierung

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

Methoden zur systemtheoretischen Beschreibung eines technischen Systems

Methoden zur statistischen Beschreibung von Signalen

Methoden zur Analyse zeitdiskreter Signale und Systeme

Methoden der Anwendung von Betriebssystemen und Programmiersprachen

Methoden der Techniken für Softwareentwicklung und Softwarequalitätssicherung

Vermittlung von Transferkompetenz

Systemtheoretische Beschreibung technischer Systeme, die auch außerhalb der Nachrichtentechnik vielfältig angewendet wird.

Übertragung der Grundkonzepte einer digitalen Übertragung auf vorgegebene Einzelsituationen, zum Beispiel im Rahmen von Übungsaufgaben.

Übertragung der informationstheoretischen Denkweise nach Shannon auf konkrete Anwendungen.

Vermittlung der Themen Organisation, Management und Verlässlichkeit auf Systementwürfe in Hard- und Softwarebereich.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Bewertung der Eignung eines Modulationsverfahrens für vorgegebene Randbedingungen bzgl. Bandbreite und Leistung

Bewertung von Verarbeitungsschritten (z.B. Filterung, Entscheidung) hinsichtlich ihrer Optimalität bzgl. eines vorgegebenen Kriteriums

Bewertung von Qualitätsmanagement und Verlässlichkeit für Erstellung von technischen Systemen

Schlüsselqualifikationen

Kooperations- und Teamfähigkeit in den Präsenzübungen sowie bei der Durchführung von praktischen Messaufgaben im Labor.

Strategien des Wissenserwerbs: Kombination aus Vorlesung, Vor- und Nachbereitung am Vorlesungsmaterial, Präsenzübungen, Vorbereitungsaufgaben.

Erweiterung des Stoffs an Hand von Zusatzliteratur mit weitestgehend englischsprachigem Inhalt

Umsetzung der theoretischen Kenntnisse in die Praxis beim Praktikum Informationstechnik

Modulzugehörigkeit

Wahlpflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 13 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Nachrichtentechnik	Hüb-Umbach	2V, 2Ü	5	jedes WS
Elemente digitaler Kommunikationssysteme	Hüb-Umbach	2V, 2Ü	4	jedes SS
Optische Informationsübertragung	Noé	2V, 2Ü	4	jedes SS
Verlässliches Programmieren in C/C++	Belli	2V, 2Ü	4	jedes SS
Statistische Signalbeschreibung	Meerkötter	2V, 2Ü	4	jedes SS
Verkehrstelematik	Schulz	2V, 2Ü	4	jedes SS

Methodische Umsetzung

Die Grundlagen und Konzepte werden im Rahmen von Vorlesungen eingeführt.

Konkretisierung von theoretischen Konzepten an praktischen Beispielen aus der Erfahrungswelt der Studierenden (z.B. Mobilfunk)

Die theoretischen Konzepte werden in Präsenzübungen in Kleingruppen vertieft.

Zur Erfassung der Problematik realer Implementierung werden in Kleinstgruppen von 2 oder 3 Studierenden Messungen und deren Auswertungen in einem Praktikum vorgenommen.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

Vorlesung mit Tafel- bzw. Folienanschrieb oder Präsentation, kleine Demonstrationen am Rechner mit Software-Tools (Matlab, Simulink)

Bereitstellung eines ausführlichen Skripts, sowie von Lehrbüchern aus der Lehrbuchsammlung

Verständnisüberprüfende Fragen am Ende eines jeden Kapitels im Vorlesungsskript

Übungen: Präsenzübungen in Kleingruppen mit Übungsblättern, teilweise praktische Übungen am Rechner

Praktikum: Lösung von Vorbereitungsaufgaben durch die Studierenden, Eingangskolloquium, Unterstützung bei Messdurchführung und Protokollerstellung

erwartete Aktivitäten der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Lösung der Verständnisfragen im Skript

Lehrmaterialien im Web

Prüfungsmodalitäten

Drei getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Nachrichtentechnik	je nach Teilnehmerzahl schriftliche oder mündliche Prüfung
Wahlpflichtfächer	mündliche Prüfung

Modulverantwortlicher

Hüb-Umbach

II.1.2 Mikrosystemtechnik

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

Das Modul vermittelt weiterführende Kenntnisse über die Entwicklung, die Simulation und den Entwurf integrierter Mikrosysteme, bestehend aus Teilgebieten der Mikroelektronik, der Hochfrequenztechnik, der Mikromechanik und der Mikrooptik, einschließlich der Prozesstechnik in der Technologie zu ihrer Herstellung.

Ausgehend von den digitalen und analogen Grundschaltungen in Bipolar- und MOS-Technik wird der systematische Entwurf von integrierten Systemkomponenten (Verstärkerschaltungen und Logikkomponenten) zur Signalverarbeitung behandelt. Darauf aufbauend können spezielle Schaltungstechniken der Hochfrequenztechnik, Entwurfsmethodiken für komplexe mikroelektronische Systemarchitekturen, grundlegende Techniken zur Qualitätssicherung, Verfahren zur Herstellung integrierter Schaltungen in Siliziumtechnologie sowie die monolithische Integration mit mechanischen und optischen Komponenten zur Anwendung in der Datenübertragung oder Sensorik studiert werden. Ausgewählte Anwendungsbeispiele werden im Detail vorgestellt.

Das Modul liefert den erfolgreich Studierenden die im Berufsfeld der Halbleitertechnik geforderten Kenntnisse zum Schaltungsentwurf und zur Entwicklung und Herstellung von Mikrosystemen.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus der Pflichtveranstaltung:

- *Schaltungstechnik* (Rückert)

und zwei Wahlpflichtveranstaltungen aus dem folgenden Katalog:

- *Entwurf mikroelektronischer Systeme* (Porrman)
- *Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme* (Hellebrand)

- *Einführung in die Hochfrequenztechnik* (Thiede)
- *Halbleiter-Prozesstechnik* (Hilleringmann)
- *Mikrosystemtechnik* (Hilleringmann)

Die Veranstaltung *Schaltungstechnik* stellt die digitalen und analogen Grundsaltungen der Bipolar- und MOS-Technologien vor und lehrt den Umgang mit Simulations- und Entwurfswerkzeugen.

Literatur:

- H. Klar, Heinrich, Integrierte Digitale Schaltungen MOS/BICMOS, Springer
- K. Hoffmann, VLSI-Entwurf, Oldenbourg Verlag, München , 1996
- S. Sedra, K. C. Smith, Microelectronic Circuits, Oxford University Press, 1998

Die Veranstaltung *Entwurf mikroelektronischer Systeme* behandelt den Entwurf und den Test komplexer System-On-Chip-Architekturen auf der Basis von Hardware-Beschreibungssprachen.

Literatur:

- M. J. S. Smith, Application-Specific Integrated Circuits, Addison-Wesley, 2001
- J. F. Wakerly, Digital Design – Principles & Practices, Prentice Hall, 2001
- P. Ashenden, The Designers Guide to VHDL, Morgan Kaufmann, 2000

Die Veranstaltung *Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme* zeigt, dass bei mikroelektronischen Systemen von der Spezifikation bis zum Einsatz im Produkt durchgehend systematische qualitätssichernde Maßnahmen eingesetzt werden müssen und liefert entsprechende Grundlagen in den Bereichen Verifikation, Test und Fehlertoleranz.

Literatur:

- Dhiraj K. Pradhan: Fault-Tolerant Computer System Design; Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996
- Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal: Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory & Mixed-Signal VLSI Circuits; Boston,
- Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000
- Handouts der Vorlesungsfolien

Die Veranstaltung *Einführung in die Hochfrequenztechnik* vermittelt Grundkenntnisse der Hochfrequenztechnik mit Bezug auf die leitungsgebundene Signalausbreitung in Leiterplatten und integrierten Schaltkreisen.

Literatur:

- Thiede, "Einführung in die Hochfrequenztechnik", Vorlesungsskript Universität Paderborn

- P. Vielhauer, "Lineare Netzwerke", Verlag Technik und Hüthig (65 YCF 1469)
- M. Hoffmann, "Hochfrequenztechnik", Springer Verlag (51 YDA 1913)

Die Veranstaltung *Halbleiter-Prozesstechnik* erläutert die Verfahren zur Realisierung mikroelektronischer und mikromechanischer Komponenten auf der Basis der Halbleitertechnologie.

Literatur:

- U. Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie, Teubner, 2004
- S. M. Sze: VLSI Technology, McGraw-Hill, 1988
- W. von Münch: Einführung in die Halbleitertechnologie, Teubner, 1993
- B. Hoppe: Mikroelektronik 1,2, Vogel, 1998

Die Veranstaltung *Mikrosystemtechnik* verbindet die mikroelektronische Integrationstechnik mit den Prozesstechniken der Mikromechanik und Mikrooptik zur Herstellung von Mikrosystemen und stellt Berechnungsverfahren für mikromechanische Strukturen vor.

Literatur:

- U. Mescheder: Mikrosystemtechnik, Teubner, 2004
- F. Völklein, T. Zetterer: Einführung in die Mikrosystemtechnik, Vieweg, Braunschweig, 2000
- U. Hilleringmann: Mikrosystemtechnik, Teubner, 2006

Inhaltliche Verwendbarkeit

Mikrosysteme bilden die Grundlage der modernen Signalverarbeitung sowohl in der Sensorik als auch in der Datenübertragung. Dabei werden im Rahmen dieses Moduls sowohl die rein elektronischen Komponenten zur Signalverarbeitung als auch die regelungstechnischen Komponenten wie Sensoren, Transducer und Aktuatoren behandelt.

Die spartenübergreifende Bedeutung der einzelnen Komponenten dieses Moduls zeigt sich in ihren Anwendungsbereichen; die Mikrotechniken sind wesentliche Innovationsbestandteile der Automobilindustrie, Hausgerätetechnik, Industrieanlagen, Unterhaltungselektronik, Mobilfunktechnik usw.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Vorkenntnisse werden aus den Bereichen der Werkstoffe, der Halbleiterbauelemente und der technischen Mechanik erwartet. Für die Simulationen sind Kenntnisse zur numerischen Lösung von partiellen Differenzialgleichungen erforderlich.

Vermittlung von Faktenwissen - Inhaltskompetenz

Rechnergestützte Modellierung und Analyse von MOS- und Bipolar-Schaltungen: Stromspiegel, Differenzstufe, Operationsverstärker, Inverter, Logik-Gatter, Speicherschaltungen. Geometrische Entwurfstechniken (Layout).

Entwurfs- und Testverfahren für komplexe System-On-Chip-Architekturen auf der Basis der Hardware-Beschreibungssprachen VHDL und System-C.

Qualitätssicherung für komplexe Systeme mit Verifikations-, Fehlertoleranz- und Testverfahren.

Halbleitermaterial, Kristallstruktur, Oxidation, Lithografie, Ätztechniken, Schichtdeposition, Dotierung, MOS-Prozessführung, Bipolar-Prozesse, BiCMOS, Packageing

Ätzverfahren, Membranherstellung, Drucksensor, Beschleunigungssensor, LiGa-Technik

Lichtwellenleiter, Moden, Interferometrie, Polarisierung, Koppler

Technologieschnittstellen, monolithische Systemintegration, Hybridtechniken

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

Einsatz von Ersatzschaltungen zur Berechnung elektronischer Grundsaltungen

Konzept von Arbeitspunkt und Kleinsignalverhalten

problemorientierte Auswahl geeigneter Simulatoren und Entwurfswerkzeuge

Einsatz formaler Methoden

qualitative Beurteilung von Materialeigenschaften anhand der Depositionsverfahren

produktspezifische Auswahl der Lithografiertechnik

Ergebnisorientierte Prozessführung

Vorgangübergreifende Vernetzung der Einzelprozessschritte

Vermittlung von Transferkompetenz

Analogien zwischen den MOS- und Bipolartechniken

Übertragung makroskopischer Systeme auf mikroskopische Abmessungen

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenzen

problemorientierte Auswahl geeigneter Modelle zur Veranschaulichung und Simulation

Beurteilung logischer Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessteilen

Schlüsselqualifikationen

Beurteilung des eigenen Erkenntnisstandes, Formulieren von Fragen

kontinuierliches Arbeiten unter eigener Kontrolle des Erkenntnisfortschritts

Strategien des Wissenserwerbs: Kombination aus Vorlesung, Vor- und Nachbereitung am Vorlesungsmaterial, Präsenzübungen, Selbststudium

Präsentationskompetenz, Moderation, Teamfähigkeit

Modulzugehörigkeit

Wahlpflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 13 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
----------------------	---------------	------------------------	------------------------	--------------------------------

Schaltungstechnik	Rückert	2V, 2Ü	5	jedes WS
Entwurf mikroelektronischer Systeme	Pormann	2V, 2Ü	4	jedes SS
Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme	Hellebrand	2V, 2Ü	4	Jedes SS
Einführung in die Hochfrequenztechnik	Thiede	2V, 2Ü	4	jedes WS
Halbleiterprozesstechnik	Hilleringmann	2V, 2Ü	4	jedes WS
Mikrosystemtechnik	Hilleringmann	2V, 2Ü	4	jedes SS

Methodische Umsetzung

Die Grundlagen und Konzepte werden im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.

Übungen bieten Gelegenheit zur Erprobung der eigenen Kenntnisse und Fertigkeiten sowie zur Klärung offener Fragen. Musterlösungen werden unter Moderation und Mitwirkung von Studierenden an der Tafel erarbeitet. Weiterhin soll in den Übungen Gelegenheit geboten werden, mit entsprechender aktueller Software zu arbeiten.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

Vorlesung mit Folien oder Beamer, unterstützt durch Tafelanschrieb

Ausführliches Skript in Buchform einschließlich ausgewählter Übungsaufgaben

Übungen: Präsenzübungen, Erarbeitung der Musterlösungen unter Moderation und Mitwirkung von Studierenden an der Tafel, Rechnerübungen mit aktueller Software

erwartete Aktivitäten der Studierenden: ca. 90-minütige Nachbereitung zu jeder Vorlesung, ca. 60-minütige Vorbereitung der Übungen, Mitarbeit bei Präsenzübungen, gegebenenfalls Nacharbeiten von Wissenslücken anhand der Literatur, gegebenenfalls anfertigen einer Hausaufgabe.

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen im Pflichtfach und den zwei Wahlpflichtfächern. Die Form der Prüfungen ist folgendem Schema zu entnehmen:

Veranstaltung	Form
Schaltungstechnik	Hausaufgabe + mündliche Prüfung
Entwurf mikroelektronischer Systeme	Hausaufgabe + mündliche Prüfung
Qualitätssicherung für mikroelektronische Systeme	Hausaufgabe + mündliche Prüfung
Einführung in die Hochfrequenztechnik	mündliche Prüfung
Halbleiter-Prozesstechnik	mündliche Prüfung

Mikrosystemtechnik	mündliche Prüfung
--------------------	-------------------

Modulverantwortlicher

Rückert

II.1.2 Automatisierungstechnik

Rolle des Moduls im Studiengang B.Sc. Elektrotechnik

Die Automatisierungstechnik befasst sich mit den Verfahren und Einrichtungen, die für den automatischen Betrieb von technischen Anlagen erforderlich sind. Teilaufgaben der Automatisierungstechnik sind die *messtechnische Erfassung* der Prozessgrößen, die *Steuerung* der Prozesse in offenen Wirkungsketten, die *Regelung* von Prozessen in geschlossenen Wirkungskreisen, die *Optimierung* der Prozesse bezüglich Produktqualität, Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung sowie der *Schutz* technischer Anlagen gegenüber Fehlfunktionen und äußeren Einwirkungen. Automatisierungstechnische Einrichtungen spielen eine grundlegende Rolle in jedem Bereich hoch industrialisierter Volkswirtschaften wie die der Bundesrepublik Deutschland. Die wichtigsten Anwendungsbereiche sind die Energietechnik, die Verfahrenstechnik, die Fertigungstechnik und die Verkehrstechnik.

Inhaltliche Gliederung des Moduls:

Das Modul Automatisierungstechnik besteht aus dem

- *Pflichtfach Regelungstechnik A*

und zwei Wahlpflichtveranstaltungen aus dem folgenden Katalog:

- *Modellierung technischer Prozesse* (N.N.)
- *Industrielle Messtechnik* (Henning)
- *Elektrische Antriebstechnik* (Böcker)
- *Regenerative Energien* (Voss)
- *Mechatronik kognitiver Robotersysteme* (Mertsching)

Zentrales Fach des Moduls *Automatisierungstechnik* ist die Vorlesung *Regelungstechnik A*, die sich mit den grundlegenden Begriffen und Eigenschaften sowie der Analyse und dem Entwurf rückgekoppelter Systeme befasst. Der einführende Charakter der Vorlesung bedingt die Beschränkung auf lineare einschleifige Regelkreise, an denen exemplarisch die Begriffe und Verfahren der Analyse und Synthese rückgekoppelter Systeme verdeutlicht werden. Nach einem einführenden Teil, der die Regelungstechnik in den Kontext der technischen Wissenschaften stellt und einen kurzen historischen Abriss enthält, werden die systemtechnischen Grundbegriffe der Regelungstechnik, die Beschreibung linearer zeitinvarianter Prozesse durch Übertragungsfunktionen und Zustandsgleichungen und die mathematische Modellierung elementarer technischer Prozesse behandelt. Der abschließende Teil befasst sich mit dem Übertragungsverhalten und den wichtigsten Eigenschaften (Stabilität, stationäre Genauigkeit, transientes Verhalten und Robustheit) linearer Regelkreise und stellt den Entwurf linearer Regelkreise exemplarisch anhand des Entwurfs mittels Frequenzkennlinien vor.

Die Vorlesung *Modellierung technischer Prozesse* systematisiert die in der *Regelungstechnik A* exemplarisch eingeführte mathematische Modellierung dynamischer Systeme durch Einführen der Begriffe des verallgemeinerten Zweipols und der verallgemeinerten Variablen (*Rate-Variable*) und ihrer Zeitintegrale (*State-Variable*). Dieser Ansatz ermöglicht die einheitliche

und konsistente Beschreibung komplexer physikalisch-technischer Prozesse, die mechanische, elektrische, fluidische und thermische Komponenten enthalten. Nach einem einführenden Kapitel, in dem die Aufgabenstellung der Modellbildung und die verschiedenen Modellarten mit ihren Anwendungen vorgestellt werden, werden die Grundbegriffe der theoretischen Modellbildung, die Elementarmodelle der verschiedenen physikalischen Teilgebiete und die Kopplung dieser Elementarmodelle behandelt. Die Vorlesung endet mit einer Abhandlung zur Korrektheit und Gültigkeit von Prozessmodellen und den Verfahren zu ihrer Validierung.

Die Vorlesung *Industrielle Messtechnik* behandelt die wichtigsten Prinzipien und Methoden zur Informationsgewinnung sowie deren technische Realisierung und Einsatz in der industriellen Praxis. Repräsentative und richtig ermittelte Prozessinformationen sind die Grundvoraussetzung der Automatisierung technischer Prozesse. Zunächst werden deshalb die Aufgaben der Prozess- und Fertigungsmesstechnik sowie der Analysentechnik, der Stand der Technik sowie die Trends in der Mess- und Sensortechnik erläutert. Mittels Prozessanalyse erfolgt die Charakterisierung unterschiedlicher Prozessmodelle. Die statischen und dynamischen Eigenschaften von Messsystemen werden beschrieben. Die folgenden Kapitel widmen sich der Messung und Verarbeitung der wichtigsten nichtelektrischen Größen. Ausgehend von der Definition der physikalischen Messgröße werden praktisch einsetzbare Messprinzipien aufgezeigt und hinsichtlich der anwendungstechnischen Vor- und Nachteile bewertet. Behandelt werden die Erfassung mechanischer (Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung, mechanische Spannung, Lage, Gestalt, Druck, Kraft, Drehmoment), thermischer (Temperatur, Wärmemenge) und volumetrischer (Durchfluss, Füllstand) Größen. Abschließend werden die Messprinzipien zur Bestimmung physikalischer und chemischer Eigenschaften von Materialien vorgestellt und erläutert.

Literatur:

- Henning: Vorlesungsskript "Industrielle Messtechnik"
- Gevatter: Handbuch der Mess- und Automatisierungstechnik, Springer Verlag 1998
- Niebuhr: Physikalische Messtechnik, Oldenbourg-Verlag, München/Wien 1980
- Profos, Pfeifer: Handbuch der industriellen Messtechnik, 5. Aufl., Oldenbourg-Verlag, 1992

Die Lehrveranstaltung *Elektrische Antriebstechnik* befasst sich mit modernen elektrischen Antrieben, die nicht nur elektrische in mechanische Leistung wandeln, sondern auch auf Grund ihrer guten stationären und dynamischen Steuerbarkeit in der Lage sind, die erforderlichen Kräfte, Drehmomente, Drehzahlen und Leistungen entsprechend den Erfordernissen des angetriebenen Prozesses bereitzustellen. Ein moderner elektrischer Antrieb besteht aus einem elektromechanischen Wandler (Motor), einem Stellglied (Leistungselektronik) zur Steuerung des Leistungsflusses und einem Regler. Je nach Anwendung kommen verschiedene Wirkprinzipien (z.B. elektromagnetisch, piezoelektrisch) und unterschiedliche Bauformen (linear, rotierend) zum Einsatz. Der Leistungsbereich steuerbarer elektrischer Antriebe reicht heute von einigen Milliwatt bis zu einigen hundert Megawatt.

Die Vorlesung *Regenerative Energien* behandelt die technischen Verfahren zur Wandlung regenerativer Energien und deren Speicherung sowie ihre Integration in bestehende Energieversorgungssysteme. Weiterhin wird das Entwickeln von Szenarien zukünftiger Energieversorgungsstrukturen mit regenerativen Energieanteilen innerhalb der wirtschaftlichen, gesetzlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen behandelt.

Die Veranstaltung *Mechatronik kognitiver Robotersysteme* befasst sich mit einem hochaktuellen Anwendungsbereich der Automatisierungstechnik. Die Veranstaltung führt in grundlegende Begriffe und Verfahren der Robotik ein und vermittelt ein Verständnis des aktuellen Forschungsstands der Robotik. Humanoide, krabbelnde, fliegende, schwimmende Roboter und sonstige Spezialformen werden vorgestellt und modelliert. Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt: Kinematische und dynamische Grundlagen, externe und interne Sensorik, Aktoren, Strukturen der Sensorrückkopplung und der Sensorfusion, Rechnerarchitekturen, Steuerung und Regelung, Navigation und Bewegungsplanung, Kollisionsvermeidung, Lernverfahren und Programmierung von autonomen und telesensorischen Robotern. Verschiedene Anwendungsbereiche werden präsentiert.

Inhaltliche Verwertbarkeit

Die Vorlesungen enthalten die wesentlichen Kenntnisse, die von einem in der Industrie im Bereich Projektierung und Vertrieb automatisierungstechnischer Komponenten und Einrichtungen tätigen Ingenieur typischerweise benötigt werden. Sie bilden gleichzeitig die Grundlage für das Masterstudium der Automatisierungstechnik, in dem die für den Bereich Forschung und Entwicklung benötigten weiterführenden Kenntnisse vermittelt werden.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Inhalte der Vorlesungen des 1. Studienabschnitts, insbesondere der Fächer *Höhere Mathematik I/II*, *Physik*, *Grundlagen der Elektrotechnik I/II* und *Signal- und Systemtheorie*.

Lernziele der Veranstaltungen

In der Vorlesung *Regelungstechnik A* sollen die Studierenden die prinzipiell unterschiedlichen Verhaltensweisen rückgekoppelter und nicht rückgekoppelter Systeme erfassen sowie die Beschreibung realer technischer Systeme durch abstrakte Konstrukte wie Übertragungsfunktionen und Zustandsdifferentialgleichung erlernen. Im Fach „*Modellierung technischer Prozesse*“ sollen sie die Fähigkeit erlangen, für die in der industriellen Praxis auftretenden komplexen technischen Prozesse mathematische Modelle in systematischer und effizienter Weise zu entwickeln. Die Vorlesung *Industrielle Messtechnik* soll durch Darstellung der grundlegenden Methoden und technischen Geräte zur Erfassung elektrischer und nichtelektrischer Prozessgrößen die Studierenden zur sachgerechten Lösung messtechnischer Probleme anleiten. In der Vorlesung *Elektrische Antriebstechnik* werden Grundkenntnisse über Wirkprinzipien, Aufbau und Betriebsweisen elektrischer Antriebe vermittelt, die notwendig sind, das Zusammenwirken mit anderen Komponenten eines Automatisierungssystems zu verstehen. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, einen Antrieb nach vorgegebenen Anforderungen auswählen und bemessen zu können. In der Vorlesung *Regenerative Energien* sollen die Gründe für den Einsatz regenerativer Energien – die Endlichkeit von fossilen Energieträgern sowie die mit ihrer Verbrennung einhergehenden Umweltproblematiken – vermittelt werden. Ziel der Veranstaltungen *Sensor- und kamerageführte Roboter I und II* ist die Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses von modernen Roboterarchitekturen und die Qualifikation der Studierenden, an diesen mitzuarbeiten.

Vermittlung von Faktenwissen (Inhaltskompetenz)

Die Vorlesungen des Moduls *Automatisierungstechnik* sollen den Studierenden die grundlegenden Fakten der Erzeugung und Wandlung elektrischer Energie sowie der hierbei und in angrenzenden Anwendungsgebieten auftretenden mess- und regelungstechnischen Aufgabenstellungen vermitteln. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, die im Bereich

der Automatisierungstechnik anfallenden Ingenieursarbeiten auf der Basis gesicherter Fakten sachgerecht bearbeiten zu können.

Vermittlung von Methodenwissen (Methodenkompetenz)

Die wissenschaftlich gesicherten Methoden der mathematischen Modellierung, der Analyse und des Entwurfs automatisierungstechnischer Komponenten und Systeme sollen den Studierenden in einer für die industrielle Praxis brauchbaren Form gelehrt werden. Gleichzeitig sollen sie in die Lage versetzt werden, die im sich anschließenden Masterstudiengang vermittelten weiterführenden Methoden verstehen und anwenden zu können.

Vermittlung von Transferkompetenz

Die Vorlesungen *Regelungstechnik A* und *Modellierung technischer Prozesse* bieten einen Einstieg in die Begriffswelt komplexer dynamischer, insbesondere rückgekoppelter Prozesse und ihrer mathematischen Beschreibung. Derartige Prozesse treten nicht nur in den technischen Wissenschaften, sondern auch in der Biologie und Medizin (Regulative Prozesse auf der Ebene der Zelle und des Organismus), der Ökonomie (Marktprozesse) und der Soziobiologie und Soziologie (Interaktion von Individuen) auf. Die Studierenden sollen lernen, die Verhaltensweisen derartiger Prozesse in rationaler Weise zu analysieren und zu verstehen.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Die Studierenden sollen die Fähigkeit erlangen, die Funktion und das Verhalten komplexer technischer Prozesse und deren Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld durchschauen und kritisch bewerten zu können. Gerade die Energie- und Automatisierungstechnik bietet hierfür – z.B. bei der Bewertung regenerativer Energien und der Arbeitsmarktpolitik – vielfältige Ansätze.

Schlüsselqualifikationen

Neben einem breit angelegten Fachwissen sollen die Studierenden allgemeine, für den Beruf des Ingenieurs erforderliche Qualifikationen wie Sprachkompetenz in Wort und Schrift (insbesondere verhandlungssicheres Englisch), Teamfähigkeit, Zielstrebigkeit, Belastbarkeit, Motivationsfähigkeit und Durchsetzungsvermögen erwerben.

Modulzugehörigkeit

Wahlpflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 14 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Regelungstechnik A	N.N.	2V, 2Ü	6	jedes WS
Modellierung technischer Prozesse	N.N.	2V, 2Ü	4	jedes WS
Industrielle Messtech-	Henning	2V, 2Ü	4	jedes SS

nik				
Elektrische Antriebstechnik	Böcker	2V, 2Ü	4	jedes WS
Regenerative Energien	Voss	2V, 2Ü	4	jedes SS
Mechatronik kognitiver Robotersysteme	Mertsching	2V, 2Ü	4	jedes SS

Methodische Umsetzung (Organisationsform, Medieneinsatz, Literaturangaben)

Die Lehrveranstaltungen werden in der Regel als Frontalvorlesung an der Tafel, teilweise ergänzt durch experimentelle Vorführungen, durchgeführt. Multimedia-Elemente (Folien, Powerpoint-Präsentationen) werden nur dort angewendet, wo ihr Einsatz Sinn macht, z.B. bei der Visualisierung komplexer technischer Zusammenhänge oder der Darstellung transienter Vorgänge in automatisierungstechnischen Anlagen, nicht aber als Standardmethode. Die Übungen werden in kleinen Gruppen als Tafelübung oder – sofern angemessen – am Rechnerarbeitsplatz durchgeführt. Listen mit Angaben zur vorlesungsbegleitenden und weiterführenden Literatur werden in den Vorlesungen ausgegeben.

Prüfungsmodalitäten

Jeweils getrennte Teilprüfungen entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Regelungstechnik A	mündliche Prüfung
Wahlpflichtfach I	mündliche Prüfung
Wahlpflichtfach II	mündliche Prüfung

Modulverantwortlicher

N.N.

III. Module im Master-Studiengang

Vorbemerkungen

Im Masterstudiengang sind folgende Prüfungsleistungen abzulegen:

1. Das Pflichtmodul *Theoretische Elektrotechnik II* mit einem Umfang von 12 Leistungspunkten
2. Insgesamt 4 Wahlpflichtmodule in einem Umfang von je 12 Leistungspunkten, also insgesamt 48 Leistungspunkten
3. Zwei Projektarbeiten in einem Umfang von je 9 Leistungspunkten, also insgesamt 18 LP
4. Studium Generale im Umfang von insgesamt 12 Leistungspunkten
5. Eine Masterarbeit im Umfang von 30 Leistungspunkten

Im Masterstudium werden sechs Studienmodelle angeboten, die jeweils einen Katalog von ca. 10 Lehrveranstaltungen beinhalten. Diese Studienmodelle sind: *Energie und Umwelt*, *Kognitive Systeme*, *Kommunikationstechnik*, *Mikroelektronik*, *Optoelektronik* sowie *Prozessdynamik*. Zur Ableistung der 4 Wahlpflichtmodule gilt nun folgende Regelung: Es sind zu wählen

1. Erstes Wahlpflichtmodul: Zwei Fächer aus dem Fächerkatalog eines ersten von sechs Studienmodellen
2. Zweites Wahlpflichtmodul: Zwei Fächer aus dem Fächerkatalog eines zweiten von sechs Studienmodellen
3. Drittes Wahlpflichtmodul: Zwei Fächer aus dem Fächerkatalog eines dritten von sechs Studienmodellen
4. Viertes Wahlpflichtmodul (Vertiefungsmodul): Zwei weitere Fächer aus einem der gemäß 1. bis 3. gewählten Studienmodelle.

Alle Fächer haben einen Umfang von jeweils 6 LP.

Diese Wahlmöglichkeiten schaffen für die Studierenden genügend Freiraum, um persönlichen Kenntnissen und Neigungen zu folgen und in gewählten Studienmodellen eine ausreichende berufsqualifizierende Vertiefung zu erreichen.

Aufgrund dieser Strukturierung des Studiengangs werden im Folgenden nicht die Module sondern die Kataloge der Studienmodelle als Einheiten beschrieben, aus denen sich die Studierenden die Module gemäß obiger Beschreibung zusammenstellen können.

III.1 Gebiet Theoretische Elektrotechnik II

III.1.1 Theoretische Elektrotechnik II

Rolle des Moduls im Masterstudiengang Elektrotechnik

Die Vorlesungen *Theoretische Elektrotechnik A und B* sollen die in der Vorlesung *Feldtheorie* auf anschaulicher Grundlage vermittelten Kenntnisse um das exakte theoretische Fundament der Maxwell'schen Gleichungen erweitern und klar machen, dass alle phänomenologischen Erscheinungen der Elektrotechnik, von der Energieübertragung bei Gleichstrom bis zu ge-

fürten Wellen an Leitungen oder der Beugung elektromagnetischer Wellen auf einheitlicher Grundlage zu erklären sind. Neben der formalen mathematischen Beschreibung dieser Vorgänge soll mit der Behandlung elementarer und praktisch wichtiger Anordnungen die Basis für weiterführende Lehrveranstaltungen gelegt werden.

Literatur:

- Jackson, J. D.: Classical Electrodynamics, John Wiley & Sons
- Collin: Field Theory of Guided Waves, Mc Graw-Hill Book Company
- Simony, K.: Theoretische Elektrotechnik, VEB Dtsch. Verlag der Wissenschaften Berlin
- Mrozynski, G.: Elektromagnetische Feldtheorie - eine Aufgabensammlung -, Teubner Verlag
- Küpfmüller, K., Mathis, W., Reibiger, A.: Theoretische Elektrotechnik, Springer 2005 (Neuaufgabe)
- Slater, J.C.: Microwave Electronics, Nostrand, Princeton, 1950

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den Veranstaltungen

- *Theoretische Elektrotechnik A*
- *Theoretische Elektrotechnik B*

Ausgehend von den Maxwell'schen Gleichungen werden statische, stationäre und quasistationäre Felder und elektromagnetische Wellen mit ausgewählten Beispielen behandelt.

Literatur:

- Jackson, J. D.: Classical Electrodynamics, John Wiley & Sons
- Harrington, R. F.: Time Harmonic, Electromagnetic Fields, Mc Graw-Hill Book Company
- Kong, Jin Au: Electromagnetic waves, EMW Publishing, Cambridge, Massachusetts, USA

Inhaltliche Verwendbarkeit

Mit den Methoden der elektromagnetischen Feldtheorie können der physikalische Hintergrund der formalen Beschreibung elektrotechnischer Vorgänge herausgearbeitet und die Energieübertragung und -wandlung in elektrotechnischen Systemen sowie die Informationsübertragung durch geführte Wellen an Leitungen und Wellen im freien Raum dargestellt werden.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Kenntnisse in der Vektoranalysis, der Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen und Kenntnisse über die Lösung partieller Differentialgleichungen sind erforderlich. Die Inhalte der Vorlesung Feldtheorie müssen bekannt sein.,

Lernziele der Veranstaltung

Vermittlung von Kenntnissen und Fähigkeiten in dem zentralen Wissensbereich Feldtheorie, mit denen der Absolvent der Veranstaltung die Vorgänge in einem zeitveränderlichen elektromagnetischen Feld verstehen und sie in einem sich daraus entwickelnden zentralen Kompetenzbereich in Beziehung zu einfachen elektrotechnischen Systemen setzen kann.

Vermittlung von Faktenwissen - Inhaltskompetenz

Maxwellsche Gleichungen, Randbedingungen an Grenzflächen von Räumen unterschiedlicher Materialeigenschaften, Lösung des skalaren Feldproblems mit dem Greenschen Satz, elektrostatisches Feld im System leitender Körper, elektrisches Feld in Gegenwart dielektrischer Materie, Methode der Ladungs- und Potentialspiegelung, Energie und Kraftwirkungen im elektrostatischen Feld, Grundzüge der Potentialtheorie, magnetisches Vektorpotential, magnetisches Skalarpotential, Strombelag und magnetisches Feld, magnetischer Dipol, komplexes magnetisches Potential, magnetische Polarisation, Feld in magnetisierbarer Materie, Felderregung vor permeablem Halbraum, Energie des magnetischen Feldes, Induktivitäten im System massiver Leiter, Kraft auf stromdurchflossene Leiter, Potentialprobleme im magnetischen Feld stationärer Ströme, elektrodynamische Potentiale, Poyntingscher Vektor, Feldgleichungen bei sinusförmiger Zeitabhängigkeit der Feldgrößen.

Feldgleichungen des quasistationären Feldes, Stromdichteverteilung in einer unendlich ausgedehnten Platte, Stromverteilung im kreiszylindrischen Leiter, hochfrequenter Skineneffekt, transienter Skineneffekt im zylindrischen Leiter, einfachste Lösungen der homogenen Wellendifferentialgleichung, Fernfeldstärken und Richtcharakteristiken von Dipolgruppen und linearen Antennen, Separation der homogenen Wellendifferentialgleichung, Lösungen der homogenen Wellengleichung - geführte Wellen, Lösung der inhomogenen Wellengleichung - die retardierten Potentiale, Eindeutigkeit der Lösung, Integralgleichungen zeitveränderlicher Felder, vektorieller Greenscher Satz, Reziprozitätstheorem, Huygensches Prinzip, Beugung elektromagnetischer Wellen.

Die genannten relevanten Wissensbereiche werden in Zusammenhang mit einfachen elektrotechnischen Komponenten und Systemen gebracht. Zeitabhängige Vorgänge auf Leitungen, Beugung von Wellen an leitenden Körpern, Richtcharakteristiken von Antennen und transiente Feldänderungen in massiven Leitern stellen ausgewählte Anwendungs-zusammenhänge her.

Vermittlung von methodischem Wissen - Methodenkompetenz

Die vektoranalytische Beschreibung des elektromagnetischen Feldes wird aus feldtheoretischen Integralsätzen abgeleitet und auf elektrotechnische Komponenten und Systeme angewendet. Methoden zur Beschreibung des Transportes elektromagnetischer Energie durch den Raum und der Energiewandlung werden abgeleitet und mit den Darstellungen elektrischer Vorgänge mit konzentrierten Schaltelementen verglichen. Geführte elektromagnetische Wellen an Leitungen und im freien Raum bilden einen Schwerpunkt.

Vermittlung von Transferkompetenz

Die Methoden zur Beschreibung elektromagnetischer Felder können modifiziert auf Probleme der Wärmeleitung, der Schallfeldanalyse und viele Probleme der Mechanik angewendet werden. Wegen der grundlegenden Aussagen zu den physikalischen Phänomenen ist das Fach Fundament aller elektrotechnischen Fachdisziplinen.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Die erlernten Methoden sind aus Gründen des Aufwandes auf einfache Modelle elektrotechnischer Systeme beschränkt, beschreiben diese dann aber exakt. Deshalb kommt der Modellbeschreibung eine zentrale Rolle zu. Gesellschaftliche und soziale Implikationen der Lösungen Maxwellscher Gleichungen sind nicht bekannt geworden. Die Studierenden werden aber in die Lage versetzt, sich z. B. an der gesellschaftlichen Diskussion über die Wirkung elektromagnetischer Wellen auf biologische Organismen qualifiziert zu beteiligen.

Schlüsselqualifikationen

- Kooperations- und Teamfähigkeit sowie Präsentationskompetenz bei der Bearbeitung von Übungen
- Strategien des Wissenserwerbs durch Literaturstudium, Internetnutzung und Projektarbeiten

Modulzugehörigkeit

Pflichtmodul

Modus

Leistungspunkte des Moduls: 12 LP

Dauer: 2 Semester

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Theoretische Elektrotechnik A	Mrozynski	2V, 2Ü	6	jedes WS
Theoretische Elektrotechnik B	Mrozynski	2V, 2Ü	6	jedes SS

Methodische Umsetzung

Sozialformen und didaktisch-methodische Arbeitsweisen werden in einem kontinuierlichen interaktiven Entwicklungsprozess während der Lehrveranstaltung unter aktiver Beteiligung der Studierenden ständig weiterentwickelt mit dem Ziel, bei durchgängiger Orientierung an konkreten Problemen den Aktivitätsanteil der Studierenden zu steigern und dadurch die Konkretisierung theoretisch-mathematischer Konzepte kontinuierlich in Selbststudienphasen zu überführen.

Die theoretischen Grundlagen werden in einer Vorlesung vermittelt. In kleinen Gruppen werden Aussagen an praktischen Beispielen demonstriert. Lösungen komplizierterer Aufgaben sind am Laborrechner darstellbar.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesung mit Tafelanschrieb und Projektion von Feldbildern für ausgewählte Problembe-
reiche und Modelle

- Vorlesungsskript existiert
- Aufgaben mit Lösungen für die Übungen sind über die Internetseite des Faches abrufbar
- Seminare und Praktikum
- Studenten müssen das Angebot der Sprechstunden des Hochschullehrers und seiner Mitarbeiter nutzen
- Studenten müssen die einschlägige Fachliteratur studieren, die ihnen in einer Liste am Semesteranfang übergeben und diskutiert wird.

Prüfungsmodalitäten

Eine Modulprüfung entsprechend folgendem Schema:

Veranstaltung	Form
Theoretische Elektrotechnik A + B	schriftliche Prüfung

Modulverantwortlicher

Mrozynski

III.2 Kataloge der Studienmodelle

III.2.1 Energie und Umwelt

Rolle des Katalogs Energie und Umwelt im Masterstudiengang Elektrotechnik

Der Einsatz von Energie in Industrie, Handwerk, Handel und privaten Haushalten wurde in den letzten Jahrzehnten zunehmend vor dem Hintergrund von Umweltaspekten beurteilt.

Gestiegenes Umweltbewusstsein bewirkte neben verstärkten wirtschaftlichen Überlegungen auch einen spürbaren Veränderungsdruck in der bisher durch monopolistische Strukturen geprägten Versorgungslandschaft. Darüber hinaus gibt es nur wenige Industriebereiche, die sich diesem Themenfeld nicht gestellt haben.

Die dementsprechend in der Ingenieurausbildung immer mehr an Bedeutung gewinnenden Themenfelder Energie und Umwelt sollen durch das hier vorgestellte gleichnamige Modul gebündelt werden.

Inhaltliche Gliederung des Katalogs

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge	Böcker	2V, 2Ü	6	jedes WS
Automatisierung elektrischer Netze	Voss / Fette	2V, 2Ü	6	jedes WS
Bauelemente der Leistungselektronik	Böcker / Fröhleke	V2, Ü2	6	jedes SS
Elektronische Stromversorgungen	Böcker / Fröhleke	2V, 2Ü	6	jedes WS
Energieversorgungsstrukturen	Voss	4P	6	jedes WS

der Zukunft				
Leistungselektronik	Böcker	2V, 2Ü	6	jedes SS
Mensch-Haus-Umwelt	Voss / Prior	4P	6	jedes WS
Messstochastik	Wetzlar	2V, 2Ü	6	jedes SS
Rechnergestützter Entwurf leistungselektronischer Schal- tungen	Böcker / Fröhleke	2V, 2Ü	6	jedes WS
Umweltmesstechnik	Henning	2V, 2Ü	6	jedes WS
Rationeller Energieeinsatz	Voss / Hollmann / Prior	4P	6	jedes SS

Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge

In dieser Veranstaltung werden neue zukunftsweisende Antriebskonzepte für Straßen und Schienenfahrzeuge vorgestellt und analysiert, insbesondere werden hybride, elektrische und Brennstoffzellen-Antriebe behandelt:

Gegenstand der Veranstaltung

- Elementare Fahrdynamik (Kräfte, Bewegungsgleichungen, Kraftschluss)
- Energiespeicher (Treibstoffe, Schwungräder, Batterien, Superkondensatoren)
- Elektromotoren und Umrichter (Asynchronmotor, Permanent-Magnet-Motor, Switched-Reluctance-Motor)
- Verbrennungsmotoren (Drehmoment-Drehzahl-Verhalten, Wirkungsgrade, Kennfelder)
- Brennstoffzelle (Wirkungsweise, Betriebseigenschaften)
- Strukturen elektrischer und hybrider Antriebe (Elektroantriebe, dieselektrische Antriebe, Serien-, Parallel-, Split-Hybrid, Brennstoffzellenfahrzeug)
- Systemverhalten und Betriebsstrategien
- Beispiele moderner Straßen- und Schienenfahrzeugen

Literatur:

- J. Böcker Vorlesungsskript: Antriebe für umweltfreundliche Fahrzeuge, <http://wwwlea.upb.de>
- Iqbal Husain: Electric and Hybrid Vehicles - Design Fundamentals, CRC Press, 2003
- E. H. Wakefield: History of the Electric Automobile - Hybrid Electric Vehicles, SAE, 1998
- L. Guzzella, A. Sciarretta, :Vehicle Propulsion Systems - Introduction to Modeling and Optimization, Springer, 2005

Lernziele der Veranstaltung

- Kenntnis der Funktionsweise der wichtigsten Komponenten von Fahrzeugantrieben
- Verständnis der systemtechnischen Zusammenhänge, der Anforderungen und der Probleme von Fahrzeugantrieben
- Vermittlung einer interdisziplinären Sichtweise
- Fähigkeit zur qualitativen und quantitativen Bewertung verschiedener Antriebssysteme

Automatisierung elektrischer Netze

Gegenstand der Veranstaltung

- Dynamische Eigenschaften wichtiger Energiewandler auch und gerade im Zusammenspiel mit dem Netz
- Klassische Regelungen von Insel- und Verbundnetzen sowie
- Zukünftige Anforderungsprofile an eine automatisierte Netzführung mit dezentralen Einspeisern
- Optimale wirtschaftliche Lastverteilung
- Beschreibungen der Netze für den Einsatz in automatisierten Netzleitzentren
- Schätzung der Systemzustände mit Hilfe linearer und nichtlinearer Methoden (State Estimation)
- Schätzung der Systemzustände beruht auf Messungen: Möglichkeiten grob falsche Messfehler zu erkennen und zu beseitigen
- besonderen Fragestellungen im Umfeld der Thematik

Lernziele der Veranstaltung

- In dieser Veranstaltung lernen die Studierenden die Probleme heutiger sowie die Zielsetzungen und Anforderungen zukünftiger automatisierter Energieversorgungssysteme kennen. Dazu werden spezielle, repräsentative Fragestellungen exemplarisch herangezogen, mit denen wichtige Probleme auch zukünftiger Netze diskutiert werden können.
- Tagesaktuelle Ereignisse in und um die "Automatisierung elektrischer Netze" werden selbstverständlich zur Einschätzung der Lehrinhalte diskutiert.

Bauelemente der Leistungselektronik

Gegenstand der Veranstaltung

- Leistungshalbleiter-Bauelemente: Dioden, BJT, GTO, MOSFET, IGBT, MCT
- Beschaltung, Ansteuerung und Schutz von Halbleiterventil-Bauelementen
- Thermische Auslegung
- Magnetwerkstoffe, Kernverlust-Messschaltungen, Wicklungsarten
- Konzept der magnetischen Integration
- Elektromechanisch-thermische Modellierung und Entwurf induktiver Bauelemente

- Kondensatoren in der Leistungselektronik
- Filterentwurf und Schutzbauelemente

Literatur:

- N. Fröhleke, Vorlesungsskript: Bauelemente der Leistungselektronik
- N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins: Power Electronics - Converters, Applications, and Design John Wiley & Sons, Inc., 2. Edition, 2001
- R. Erickson, D. Maksimovic: Fundamentals of Power Electronics Kluver Academic Publishers, 2. Edition, 2001
- U. Nicolai, T. Reimann, J. Petzoldt, J. Lutz: Application Manual Power Modules Verlag ISLE, 2000

Lernziele der Veranstaltung

- Kenntnis leistungselektronischer Bauelemente und Magnetkernwerkstoffe
- Verständnis der Bauteilauswahl, des geeigneten Arbeitspunkts, der ventilnahen Schaltungstechnik
- Kriterien für die Auswahl von Beschaltungsarten, Ansteuerungsverfahren
- Vermittlung von Rückwirkungen zwischen Bauteil und Schalttechnik

Elektronische Stromversorgungen

Elektronische Baugruppen verschiedenster Bereiche (Automobiltechnik, Telekommunikation, Computer, Beleuchtung, Konsumelektronik usw.) müssen mit passender elektrischer Spannung hoher Qualität versorgt werden. Diese Aufgabe übernehmen „elektronische Stromversorgungen“, die in fast jedem elektronischen Gerät anzutreffen sind. Die Anforderungen an Wirkungsgrad, Volumen und Gewicht sowie an die Qualität der elektrischen Leistung sind enorm.

Literatur:

- H. Grotstollen, N. Fröhleke, Vorlesungsskript: Elektronische Stromversorgungen
- N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins: Power Electronics - Converters, Applications, and Design John Wiley & Sons, Inc., 2. Edition, 2001
- R. Erickson, D. Maksimovic: Fundamentals of Power Electronics Kluver Academic Publishers, 2. Edition, 2001

Gegenstand der Veranstaltung

- Grundlagen selbstgeführter Stromrichter: Transistoren als Schaltelemente, Schaltungen, Modulation, Regelung.
- Grundsaltungen potentialtrennender Gleichstromumrichter
- Resonanztechnik für verlustarmes Schalten
- Regelungstechnische Modellierung von Schaltnetzteilen
- Netzgleichrichter mit sinusförmiger Stromaufnahme: Leistungsteil und Regelkonzepte

Lernziele der Veranstaltung

- Kenntnis der Grundprinzipien, Grundsaltungen, Potentialtrennung, abgeleitete Schaltungen, Modellierungsverfahren, Regelverfahren, Reglerauslegung, verschiedener Schaltungstechniken, Bewertungskriterien und –verfahren
- Verständnis von Topologie- und Schalttechnik, der Eignung von Schaltungen für die jeweilige Anwendung

Energieversorgungsstrukturen der Zukunft

Im Rahmen der in Form einer Gruppenprojektarbeit angebotenen Lehrveranstaltung Energieversorgungsstrukturen der Zukunft sollen sich Studierende in einem möglichst zuvor unbekanntem Team in kurzer Zeit einem bisher nicht bearbeiteten Themenfeld stellen.

Gegenstand der Veranstaltung

Heutige Energieversorgungsstrukturen und die damit verbundenen Risiken und Probleme für die Zukunft. Nachhaltige Entwicklung: Zwischen Selbstzweck und Sicherung unserer Existenz. Erste Problemlösungsansätze und die damit verbundenen Schwierigkeiten. Der Weg von einer zentral geführten hin zu einer dezentral orientierten Energieversorgung.

Lernziele der Veranstaltung

- Die Teilnehmer sollen die Vielschichtigkeit der in der Regel als selbstverständlich hingenommenen Versorgung mit Energie vermittelt bekommen.
- Es sollen Problemlösungsstrategien für die zukünftige Energieversorgung erarbeitet werden, die es ferner ermöglichen, sich weiteren Fragestellungen im Themenbereich nachhaltiger Energieversorgung zu nähern.
- Ein weiteres Ziel ist die Intensivierung von Projektarbeit in Kleingruppen mit anschließender Vorstellung der Ergebnisse und die damit verbundene Förderung von Kernkompetenzen.

Außer den üblicherweise im Rahmen der B. Sc. erworbenen Kenntnissen sind keine weiteren Vorkenntnisse erforderlich.

Leistungselektronik

Die Umformung elektrischer Leistung mit Mitteln der Leistungselektronik findet heute in einem weiten Bereich von wenigen Milliwatt bis zu mehreren Hundert Megawatt statt. Ein erheblicher Teil der vom öffentlichen Netz erzeugten Leistung durchläuft heute eine oder mehrere leistungselektronische Wandlungsstufen. Dies dient der Anpassung an passende Spannungshöhe oder Frequenz, teils auch der guten Steuerbarkeit beispielsweise zur Speisung von Motoren.

Literatur:

- J. Böcker: Vorlesungsskript Leistungselektronik, <http://wwwlea.upb.de>
- D. Schröder: Elektrische Antriebe, Band 4: Leistungselektronische Schaltungen Springer, 1998
- N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins: Power Electronics - Converters, Applications, and Design John Wiley & Sons, Inc., 2. Edition, 2001

- R. Erickson, D. Maksimovic: Fundamentals of Power Electronics Kluwer Academic Publishers, 2. Edition, 2001

Gegenstand der Veranstaltung

- Idealisierung leistungselektronischer Schaltungen als schaltende Netzwerke
- Selbstgeführte und fremdgeführte Stromrichter, Grundsaltungen
- Kommutierung, Entlastungsschaltungen
- Mittelwertmodellierung
- Pulsweitenmodulation, Strom- und Spannungsschwankungen, Oberschwingungsspektren
- Thermische Modellierung und Auslegung
- Beispielanwendungen aus den Bereichen Bahn, Straßenfahrzeuge, Industrie

Lernziele der Veranstaltung

- Verständnis moderner Prinzipien elektrischer Energieumformung
- Kompetenz zur Beurteilung, Auswahl und Auslegung leistungselektronischer Schaltungen

Mensch-Haus-Umwelt

Im Rahmen der in Form einer Gruppenprojektarbeit angebotenen Lehrveranstaltung Mensch-Haus-Umwelt sollen sich Studierende in einem möglichst zuvor unbekanntem Team in kurzer Zeit einem bisher nicht bearbeiteten Themenfeld stellen.

Gegenstand der Veranstaltung

Die unterschiedlichen Bilanzierungsebenen von Energie und ihre jeweilige Aussagekraft. Berechnungsverfahren zur Energieintensität von Produkten unter Berücksichtigung einer ganzheitlichen Bilanzierung der Produktlebenszyklen. Mechanismen und Potentiale des rationellen Energieeinsatzes am Beispiel des Bereiches Bauen und Wohnen.

Lernziele der Veranstaltung

- Die Vielschichtigkeit der in der Regel als selbstverständlich hingenommenen Versorgung mit Energie soll vermittelt werden. Ein zentraler Punkt hierbei ist das in der Regel vernachlässigte gesamtenergetische Vorgehen bei Bilanzierungen.
- Das Zusammenwirken ökologischer, ökonomischer und soziologischer Faktoren bei der Nutzung der Umwelt als Lebensraum soll herausgearbeitet werden.
- Die Veranstaltung soll zur intensiven Gruppenprojektarbeit befähigen. Ein wichtiger Aspekt ist die Durchmischung der Fähigkeiten, die die Studierenden der verschiedenen Disziplinen durch ihre Ausbildung "mitbringen".

Außer den üblicherweise im Rahmen der B. Sc. erworbenen Kenntnissen sind keine weiteren Vorkenntnisse erforderlich.

Messtochastik

In vielen Bereichen der Technik treten regellos schwankende (stochastische) Größen auf, deren Verlauf sich nicht formelmäßig angeben lässt. Die zufälligen Schwankungen können Stö-

rungen, aber auch Nutzsignale sein. Eine Verarbeitung solcher Daten erfordert statistische Methoden, wie z. B. Spektralanalyse oder Korrelationsverfahren. Sie lassen sich zur Analyse von Signalen und Systemen einsetzen.

Gegenstand der Veranstaltung

Neben einer Vertiefung von Grundlagen der Messstochastik werden kontinuierliche und diskrete stochastische Prozesse in linearen und nichtlinearen Systemen behandelt. Analoge, digitale und softwaremäßige Realisierungen von Messgeräten sowie Anwendungen aus Bereichen Energie-, Automatisierungs- und Kommunikationstechnik werden theoretisch analysiert, von Matlab- und Simulink-Simulationen begleitet und in praktischen Laborübungen vertieft.

Literatur:

- Bendat, J.S. ; Piersol, A.G. : Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis. New York : John Wiley & Sons 1980
- Oppenheim, A. V. ; Schafer, R. W. : Digital Signal Processing. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, Inc. 1975
- Papoulis, A. : Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. Fourth Edition. Tokyo : McGraw-Hill International Book Company 2001
- Rabiner, L. R. ; Gold, B. : Theorie and Application of Digital Signal Processing. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, Inc. 1975
- Wetzlar: Vorlesungsskript "Messstochastik"

Rechnergestützter Entwurf leistungselektronischer Schaltungen

Gegenstand der Veranstaltung

- Schaltungsanalyse mit Hilfe analytischer und numerischer Verfahren der Computeralgebra
- Modellbildungsansätze und Modelle für Leistungshalbleiter Bauelemente und magnetische Komponenten, Parametrierung
- Mittelwertmodellbildung geschalteter elektrischer Netzwerke und Verhaltensmodelle integrierter analoger/digitaler Schaltungen
- Simulationsverfahren und Simulation für die Leistungselektronik, Analysearten, Bauteilbibliotheken, Modellierungssprachen, Anwendungen
- Optimierung magnetischer Bauteile und leistungselektronischer Schaltungen; Zielfunktionen, Optimierungsalgorithmen

Literatur:

- Vorlesungsskript N. Fröhleke: Rechnergestützter Entwurf leistungselektronischer Schaltungen
- N. Mohan, T. Undeland, W. Robbins: Power Electronics - Converters, Applications, and Design John Wiley & Sons, Inc., 2. Edition, 2001

- R. Erickson, D. Maksimovic: Fundamentals of Power Electronics Kluwer Academic Publishers, 2. Edition, 2001
- Stephen Wolfram: Das Mathematica Buch Addison-Wesley, 3. Auflage, 1997

Lernziele der Veranstaltung

- Vermittlung von Methoden zur rechnergestützten Entwicklung leistungselektronischer Schaltungen, ihre Anwendung und zum Entwurf von magnetischen Bauteilen
- Kenntnis von Modellierungsverfahren schaltender Leistungskonverter, Funktionsweise von Leistungshalbleiter-Bauelementen und ihre Modellbildung, von magnetischen Bauelementen, ihrem Entwurf und ihre Modellbildung, von Simulationsverfahren. Simulatoren und ihre Eignung für die Leistungselektronik
- Verständnis von den Vorzügen und Nachteilen des simulativen Entwurfs im Vergleich zum herkömmlichen Entwurf

Umweltmesstechnik

Gegenstand der Veranstaltung

Die immer intensivere Nutzung natürlicher Ressourcen führt zur zunehmenden Belastung der Umwelt. Im Rahmen dieser Lehrveranstaltung wird die Problematik an Hand ausgewählter Wirkungsmechanismen bezogen auf die Wirkungsorte bzw. Lebensräume beispielhaft behandelt. Die jeweils relevanten Messgrößen werden charakterisiert und die zur Bestimmung geeigneten Messprinzipien und -verfahren beschrieben. Speziell konzentrieren sich die Ausführungen auf die messtechnische Bestimmung der Kontamination und Überwachung von Luft, Gewässer und Böden.

Lernziele der Veranstaltung

- Die zunehmenden Umweltprobleme durch eine immer intensivere Nutzung von Ressourcen soll mit Sicht auf die Wirkungsmechanismen verstanden werden, u.a. auch das stetig steigende Gefährdungspotential durch den Einsatz von Hochtechnologien.
- Die Bedeutung und Aufgaben der Umweltmesstechnik zur Abschätzung und Bestimmung des Gefährdungspotentials sollen erkannt werden.
- Die Studierenden lernen die wichtigsten Messprinzipien und Messverfahren der Umweltmesstechnik hinsichtlich des Funktionsprinzips und der anwendungstechnischen Vor- und Nachteile kennen.
- Außer den üblicherweise im Rahmen der B. Sc. erworbenen Kenntnisse sind keine weiteren Vorkenntnisse erforderlich. Von Vorteil wären bereits erworbene Kenntnisse aus den Lehrveranstaltungen: Elektrische Messtechnik, Industrielle Messtechnik
- Eine Fehlerabschätzung bezüglich Messzeit, Stichprobenumfang und Amplitudenquantisierung ist für die Anwendung statistischer Verfahren unerlässlich.
- Statistische Verfahren sollen bei der Lösung praktischer Problemstellungen sicher angewendet werden können.
- Vorhandene soft- und hardwaremäßige Realisierungen (Algorithmen, Geräte) sind bzgl. ihrer Eignung zur Lösung von Problemen kritisch bewertbar.

- Im Studium erworbene Kenntnisse aus den Bereichen Energie-, Automatisierungs- und Kommunikationstechnik sollen zusammengefasst und vertieft werden.

Außer den üblicherweise im Rahmen der B. Sc. erworbenen Kenntnisse sind keine weiteren Vorkenntnisse erforderlich.

Literatur:

- Henning: Vorlesungsskript "Umweltmesstechnik"
- Förstner: Umweltschutztechnik., Springer-Verlag, 1995

Rationeller Energieeinsatz

Gegenstand der Veranstaltung

Umweltaspekte gewinnen zunehmend an Bedeutung für die zukünftigen Marktperspektiven von Industrieunternehmen (Verknappung und Verteuerung von Ressourcen, Wandel der Verbraucherpräferenzen, Gesetzgebung etc.). Nachhaltigkeitsstrategien werden damit zu einem zentralen Bestandteil mittel-/langfristiger Unternehmensplanung.

Anhand von praxisbezogenen Unternehmens-Fallstudien erwerben die Studierenden in Gruppenprojektarbeit die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge zwischen Ökonomie, Ökologie, Technik und Gesellschaft zu analysieren und geeignete Strategien und Maßnahmen für zukunftsorientiertes unternehmerisches Handeln zu entwickeln.

Lernziele der Veranstaltung

- Ableitung von Zielgrößen und Merkmalen einer zukunftsfähigen Industrieproduktion und Identifikation der technisch machbaren wie betriebswirtschaftlich sinnvollen Wege dahin
- Analyse der Einflussfaktoren und Wechselwirkungen bei der Einführung von ökologischen Innovationen in der Industrie
- Erarbeitung von Strategien für eine zukunftsfähige Unternehmensentwicklung und entsprechende Managementmethoden für die Umsetzung im Unternehmen

Außer den üblicherweise im Rahmen der B. Sc. erworbenen Kenntnisse sind keine weiteren Vorkenntnisse erforderlich.

Inhaltliche Verwendbarkeit

Die Auseinandersetzung mit Themenfeldern, die nicht von einer Fachdisziplin alleine gelöst werden können stellt einen zentralen Bestandteil der Ingenieurstätigkeit dar. Die Veranstaltungen im Katalog Energie und Umwelt bieten nicht nur zielgerichtete Wissensvermittlung im Themenfeld, sondern gerade auch die Vermittlung von „Handwerkszeug“ zur Auseinandersetzung mit interdisziplinären Aufgabenstellungen.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Siehe ‚*Inhaltliche Gliederung des Katalogs*‘

Lernziele der Veranstaltungen

Siehe ‚*Inhaltliche Gliederung des Katalogs*‘

Vermittlung von Faktenwissen (Inhaltskompetenz)

Siehe ‚Inhaltliche Gliederung des Katalogs‘

Vermittlung von Methodenwissen (Methodenkompetenz)

Methodenkompetenz wird u. a. in den folgenden Bereichen vermittelt:

- Methoden zur Beurteilung von Energieflüssen
- Methoden der Gesamtenergetischen Bewertung von Energieeinsatz
- Methoden zur systemtheoretischen Beschreibung und Analyse von energietechnischen Systemen in verschiedenen Betriebszuständen
- Einsatz von Mikroelektronik zur technischen Unterstützung energietechnischer Optimierungsprozesse

Vermittlung von Transferkompetenz

Die Kombination der Vermittlung von spezifischem Fachwissen und Fähigkeiten im Umgang mit Problemidentifizierungs- und -lösungsansätzen in den Veranstaltungen des Katalogs Energie und Umwelt hat das Ziel neben der direkten fachlichen Ausbildung gerade auch die Übertragung von Problemidentifizierungs- und -lösungsansätzen in andere Bereiche zu ermöglichen.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Ziel der Veranstaltungen des Katalogs Energie und Umwelt ist es ebenfalls, die Fähigkeit zur Beurteilung von Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessen zu vermitteln. Hierbei sind explizit auch die nichttechnischen Bereiche der Prozesse eingeschlossen, wie z.B. die wirtschaftliche, gesellschaftspolitische und ethische Dimension von Energieversorgungsprozessen.

Schlüsselqualifikationen

Zielgerichteter Umgang mit dem vermittelten Theorie- und Methodenschatz

Kooperations- und Teamfähigkeit

Präsentations- und Medienkompetenz

Strategien des Wissenserwerbs

Techniken wissenschaftlichen Arbeitens

Problemerkennungs- und -lösungsfähigkeit

Disziplinübergreifendes, ganzheitliches, vernetztes Denken

Fähigkeit des Recherchierens und der Bewertung von (englischsprachiger) Fachliteratur

Methodische Umsetzung

Die jeweiligen theoretischen Grundlagen werden in Vorlesungen vermittelt. Wobei zugehörige Übungen helfen das Erlernte zu vertiefen.

Die drei Projektarbeiten des Katalogs Energie und Umwelt bieten den Studierenden verstärkt den Raum in einer begrenzten Zeit, in einem gemischten Team sich mit neuen Fragestellungen kreativ auseinanderzusetzen.

Organisationsform, Medieneinsatz, Literaturangaben

Die Vorlesungen werden jeweils in der Form V2, Ü2 angeboten. Die Projektarbeiten werden als Blockveranstaltungen im äquivalenten Umfang von 4 SWS als Gruppenprojektarbeit (4er bis 6er Teams) durchgeführt.

Die Vorlesungen werden mit Tafelinsatz und mit dem Einsatz elektronischer Medien realisiert.

Eingesetzte Materialien: Arbeitsblätter, PPT-Präsentationen, Übungsblätter

FAQ zu den Lehrinhalten im Internet – basierend auf den Anfragen der Studierenden

Skripte, Übungsblätter und Musterlösungen werden den Studierenden rechtzeitig zur Verfügung gestellt.

Weiterführende Literatur wird zu Beginn der jeweiligen Veranstaltung bekannt gegeben.

Prüfungsmodalitäten

Mündliche Prüfungen.

Katalogverantwortlicher

Voss

III.2.2 Kognitive Systeme

Rolle des Katalogs im Masterstudiengang Elektrotechnik

Der Katalog Kognitive Systeme bietet Studierenden der Elektrotechnik eine hochinteressante Vertiefungsmöglichkeit. Aufbauend auf dem B.Sc. Elektrotechnik und den Pflichtfächern des Masterstudiengangs Elektrotechnik werden Veranstaltungen angeboten, die die Studierenden in die Lage versetzen, kognitive Systeme zunächst kennen zu lernen und sie anschließend zu entwerfen, zu realisieren und im Betrieb zu warten.

Schon lange träumen Menschen von intelligenten Maschinen, die in der Lage sind, sie von mühseligen, schwierigen oder gefährlichen Tätigkeiten zu entlasten. Auch wenn die berühmten Beispiele aus Literatur und Film noch zur Science Fiction gehören, wurden dank Fortschritten in der Mikroelektronik, Mechatronik und künstlichen Intelligenz in den vergangenen Jahren beachtliche Erfolge erzielt. Über eine Million Industrieroboter sind weltweit im Einsatz, vollautomatisch gesteuerte Produktionshallen sind Stand der Technik und erste Haushaltsroboter saugen Staub, putzen Fenster oder mähen Rasen. In der Chirurgie werden bereits Operationsroboter eingesetzt und computergesteuerte medizinische Geräte unterstützen Diagnose und Therapie. Als Vorbild für derartige Maschinen werden häufig Lebewesen herangezogen, deren kognitive Fähigkeiten bisher noch nicht annähernd von technischen Systemen nachvollzogen werden können.

Unter Kognition werden Funktionen verstanden, die das Wahrnehmen und Erkennen, das Encodieren, Speichern und Erinnern sowie das Denken und Problemlösen, die motorische Steuerung und schließlich den Gebrauch der Sprache umfassen (nach G. Strube: Wörterbuch der Kognitionswissenschaft, 1996). Bei der Entwicklung kognitiver Systeme wird von der Annahme ausgegangen, dass kognitive Prozesse zumindest zum Teil als Berechnungen anzusehen sind. Diese Sichtweise abstrahiert zunächst von der konkreten Realisierung des informa-

tionsverarbeitenden Prozesses und erlaubt es, Kognition sowohl in natürlichen Organismen, also bei Mensch und Tier, als auch in künstlichen Systemen zu untersuchen. Ziel der Beschäftigung mit kognitiven Systemen ist die Entwicklung formaler Theorien kognitiver Prozesse, die empirische Analyse kognitiver Prozesse in natürlichen Systemen sowie als Schwerpunkt ihre Nachbildung in technischen Systemen. Die Breite dieses Forschungsbereichs und die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten technischer kognitiver Systeme erfordern die Integration unterschiedlicher Methoden aus einer Vielzahl unterschiedlicher Einzelwissenschaften.

Inhaltliche Gliederung des Katalogs

Der Katalog *Kognitive Systeme* besteht aus den folgenden Lehrveranstaltungen:

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Algorithmen der Spracherkennung	Hüb-Umbach	2V, 2Ü	6	jedes WS
Autonomous Systems Engineering	Witkowski	2V, 2Ü	6	Jedes WS
Digital Image Processing	Mertsching	2V, 2Ü	6	jedes WS
Biomedizinische Messtechnik	Henning	2V, 2Ü	6	jedes zweites SS im Wechsel mit Kognitive Sensorsysteme
Fahrerassistenzsysteme	Mertsching/ Büker	2S	3	jedes WS
Industrielle Bildverarbeitung	Mertsching / Büker	2V, 2Ü	6	unregelmäßig
Kognitive Sensorsysteme	Henning	2V, 2Ü	6	jedes zweites SS im Wechsel mit Biomedizinische Messtechnik
Methoden der Künstlichen Intelligenz für die Bildverarbeitung	Mertsching / Büker	2V, 2Ü	6	unregelmäßig
Mobile sichtgesteuerte Roboter	Mertsching & Mitarbeiter	4 S	6	jedes WS und SS
Neuronale Informationsverarbeitung von Bildern	Mertsching & Mitarbeiter	2V, 2Ü	6	unregelmäßig
Robotik A	Mertsching & Mitarbeiter	2V, 2Ü	6	unregelmäßig
Robotik B	Mertsching & Mitarbei-	2V, 2Ü	6	unregelmäßig

	ter			
Statistische Lernverfahren und Mustererkennung	Hüb-Umbach	2V, 2Ü	6	jedes SS
Visuell räumliche Aufmerksamkeit	Mertsching	2 S	3	jedes WS
Wissensverarbeitung (Knowledge Engineering)	Belli	2V, 2Ü	6	jedes SS

Die Lehrveranstaltung *Algorithmen der Spracherkennung* gibt eine Einführung in die Theorie und Realisierung von Verfahren zur automatischen Spracherkennung. Die Vorlesung behandelt folgende Themengebiete: Merkmalsextraktion aus Sprachsignalen, akustisch-phonetische Modellierung von Sprachsignalen, Schätzung von Modellparametern aus Trainingsdaten, Sprachmodellierung, Suchverfahren für kontinuierliche Spracherkennung bei großem Vokabular. In der Veranstaltung wird aufgezeigt, dass viele der vorgestellten Verfahren Anwendungen über den Bereich der Spracherkennung hinaus haben, etwa die Sprachmodellierung zur Textkompression und automatischen Dokumentenverarbeitung. Neben Rechenübungen umfasst die Veranstaltung auch eine Übung im Computerlabor, in der die Studierenden einen Spracherkennungsauswerter aus einer Software-Toolbox selbst entwerfen, realisieren und testen.

Literatur:

- R. Hüb-Umbach, „*Algorithmen der Spracherkennung – Skript zur Vorlesung*“, Paderborn, 2005
- L. Rabiner und B. Juang, „*Fundamentals of Speech Recognition*“, Prentice Hall, 1993
- E. Schukat-Talamazzini, „*Automatische Spracherkennung*“, Vieweg-Verlag, 1995

Die Veranstaltung „*Autonomous Systems Engineering*“ (*Entwurf autonomer Systeme*) behandelt Methoden, mit deren Hilfe autonomes Verhalten, d. h. eine gewisse Eigenständigkeit, in technischen Systemen realisiert werden kann. Hierzu werden Konzepte autonomer Systeme studiert sowie Grundlagen für die Realisierung von zielgerichtetem Verhalten von autonomen Systemen diskutiert. Weiterhin werden Anpassungsstrategien und Lernverfahren behandelt, mit denen sich autonome Systeme weiterentwickeln können. Am Beispiel eines Miniroboters wird die Verhaltenssynthese diskutiert und der Entwicklungsablauf für autonome Systeme theoretisch und praktisch verdeutlicht. Im Bereich der Multirobotersysteme werden Fragen der Kooperation, der verteilten Sensoren sowie der Koordination durch Kommunikation behandelt.

Literatur:

- G. A. Bekey, *Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control*, MIT Press, 2005, ISBN 0262025787
- R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, Bradford Book, 2004, ISBN 026219502X
- R. R. Murphy, *Introduction to AI Robotics*, 2000, Bradford Book, ISBN 0262133830
- E. Alpaydin, *Machine Learning*, The MIT Press, 2004, ISBN 0262012111

Die Veranstaltung *Digital Image Processing (DIP)* gibt eine grundlegende Einführung in die Digitale Bildverarbeitung. Das Lernziel besteht darin, den Studierenden Kenntnisse der methodischen Grundlagen der Digitalen Bildverarbeitung als Basis für wichtige Anwendungsfelder, u. a. Industrielle Bildverarbeitung und Qualitätskontrolle, Robotik, Monitoring und Überwachung, optische Steuerung und Vermessung, multimediale Informationsverarbeitung und Bildarchivierung zu vermitteln. Neben allgemeinen Grundlagen (Koordinaten, Bilddatentypen, menschliche Wahrnehmung, Licht und elektromagnetisches Spektrum) werden die Bildaufnahme (Abtastung, Quantisierung, Aliasing, Nachbarschaften), die Bildverbesserung im Ortsraum (Transformationen, Histogramme, arithmetische und logarithmische Operationen, spatiale Filter allgemein, Glättungsfiler, Kantenfilter) und Frequenzraum (Fouriertransformation, Glättungsfiler, Kantenfilter), sowie skalenbasierte Verfahren (Bildpyramiden, Wavelets) und Verfahren zur Bilddatenkompression und -reduktion (Grundlagen, Kompressionsmodelle, Informationstheorie, Kompressionsstandards) und Bildsegmentation behandelt.

Literatur:

- Forsyth, David and Ponce, Jean: Computer Vision - A Modern Approach. Prentice Hall, 2003
- Gonzalez, Rafael C. and Woods, Richard E.: Digital ImageProcessing. Prentice Hall, 3nd, 2007. ISBN 0-130-94650-8
- Jähne, Bernd: Digitale Bildverarbeitung. Springer, 5., 2002. ISBN 3-540-41260-3
- Nischwitz, Alfred and Haberäcker, Peter: Masterkurs Computergrafik und Bildverarbeitung. Vieweg, 2004. ISBN 3-528-05874-9

Die Lehrveranstaltung *Biomedizinische Messtechnik* konzentriert sich auf die Bestimmung von Mess- und Kenngrößen zur Charakterisierung des physiologischen Zustands von Menschen. Die wichtigsten Messmethoden zur Erfassung von Puls, Blutdruck, Blutfluss, Atmung... sowie die Techniken zur Ermittlung von EKG, EEG, EOG, EMG, ESG werden beschrieben. Wichtige Tomografieverfahren (Sonografie, NMR-, Computer- und Impedanztomografie) werden hinsichtlich ihrer Funktionsweise und Anwendungsgebiete charakterisiert.

Literatur:

- Henning: Vorlesungsskript "Biomedizinische Messtechnik"

Gegenstand der Vorlesung *Kognitive Sensorsysteme* ist die Behandlung des Aufbaus und der Funktionsweise biologischer Sinnesorgane zur Erfassung und Verarbeitung mechanischer Wellen und Reize (Hörorgan, Ortungs-, Orientierungs- bzw. Sonarorgan, Gleichgewichtsorgan...). Es werden insbesondere die Merkmale der Informationsgewinnung (Sensitivität, Selektivität...) sowie die sensornahe Informationsverarbeitung (Informationsreduktion, Merkmalsextraktion...) behandelt. Auf der Grundlage einer signal- und systemtheoretischen Beschreibung der biologischen "Vorbilder" werden Möglichkeiten zur technischen Umsetzung ausgewählter Funktionen beschrieben und gemeinsam erarbeitet.

Literatur:

- Henning: Vorlesungsskript "Kognitive Sensorsysteme"

Die Vorlesung *Methoden der Künstlichen Intelligenz für die Bildverarbeitung* soll in die Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI) einführen und Möglichkeiten aufzeigen, wie Methoden der KI für die Bilderkennung eingesetzt werden können. Es geht dabei insbesonde-

re um die Problemstellung der Erkennung komplexer Objekte in realen Umweltszenarien. Behandelt werden daher die Fragen: Wie können Objekte, wie können Szenarien modelliert werden? Wie kann ein Vergleich zwischen Modell und Szene stattfinden? Folgende Inhalte werden präsentiert: Elementare Begriffsdefinitionen, Zielsetzungen der KI, Teilgebiete der KI, Grundlagen der Bilderkennung, Bildvorverarbeitung, Merkmalsextraktion, Klassifikation, Methoden der künstlichen Intelligenz, Grundlegende Aspekte der Modellbildung, Wissensrepräsentation, Wissensverarbeitung, Verarbeitung unsicheren Wissens, Wissenserwerb, Wissensbasierte Bilderkennung und Modellierungsansätze.

Im Rahmen der Lehrveranstaltung *Mobile sichtgesteuerte Roboter*, die in Form einer Gruppenprojektarbeit durchgeführt wird, erfahren die Studierenden die Bearbeitung kleinerer, typisch ingenieurmäßiger Aufgabenstellungen in Teams. Hierzu werden sowohl technische als auch wirtschaftliche Fragestellungen untersucht, die sich mit dem Einsatz und Nutzen von autonomen und telesensorischen Robotersystemen beschäftigen. Die Studierenden sollen sich in einem möglichst zuvor unbekanntem Team in kurzer Zeit einem bisher nicht bearbeiteten Themenfeld stellen. Wichtige Aspekte sind die Integration der unterschiedlichen Fähigkeiten und Erfahrungen, die die Studierenden der verschiedenen Disziplinen mitbringen, und praxisgerechte Vorzustellung der Ergebnisse.

Die Informationsverarbeitung in biologischen und technischen Systemen steht im Mittelpunkt der Veranstaltung *Neuronale Informationsverarbeitung von Bildern (NIB)*. Im Vordergrund steht hierbei die Verarbeitung von visuellen Daten. Die folgenden Inhalte werden behandelt: Einsatz und Probleme technischer Mustererkennungssysteme, neurophysiologische Grundlagen (Nervenzellen, Gehirn, visuelles System, räumliches Sehen, Farbwahrnehmung, optische Täuschungen), künstliche neuronale Netze (Units, Netzarchitekturen, Lernstrategien, Selbstorganisation), Anwendungen (technische Objekterkennung, aktive Sehsysteme, autonome und telesensorische Roboter).

Literatur:

- Hubel, D. H.: Auge und Gehirn, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg, 1989.
- Rojas, P.: Theorie der neuronalen Netze, Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- Schmidt, R. F.; Thews, G.: Physiologie des Menschen, Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- Zell, A.: Simulation Neuronaler Netze, Addison-Wesley, 1994.

Das Ziel der Veranstaltung *Robotik A* ist, den teilnehmenden Studierenden einen grundlegenden Überblick über das Gebiet der Robotik zu vermitteln und diese am Beispiel mobiler Roboter an die Lösung interdisziplinärer Probleme heranzuführen. Folgende Themen werden innerhalb der Veranstaltung vermittelt: Einführung in die Robotik, Formen und Einsatzgebiete von Robotern, Raumkoordinaten und Transformationen, Kinematik mobiler Roboter, Sensorik und Aktorik und Simulation von Robotersystemen in virtuellen Räumen.

Literatur:

- Saed B. Niku, Introduction to Robotics, Prentice-Hall
- Dieter W. Wloka, Robotersysteme Band 1-3, Springer Verlag
- Robert J. Schilling, Fundamentals of Robotics, Prentice Hall

- R. D. Klafter, T. A. Chmielewski, M. Negin, *Robotic Engineering*, Prentice Hall

In Erweiterung zur, aber nicht zwingend aufbauend auf die Veranstaltung Robotik A wird den teilnehmenden Studierenden in der Veranstaltung *Robotik B* ein tieferer Einblick in das Gebiet der kognitiven Robotik vermittelt. Am Beispiel autonomer, mobiler Roboter werden Verfahren zur Navigation und Selbstlokalisierung basierend auf der Auswertung von Sensorinformationen vorgestellt. Dabei werden folgende Inhalte thematisiert: Einführung und Motivation autonomer Robotersysteme, multimodale Sensordatenauswertung, lokale Navigationsverfahren mobiler Roboter (Kollisionsvermeidung), globale Navigationsverfahren mobiler Roboter (Wegfindung), Grundlagen der Handlungsplanung und ein Ausblick zu Multi-Agenten-Systemen und Assistenzsystemen.

Literatur:

- G. A. Bekey, *Autonomous Robots - From Biological Inspiration to Implementation and Control*, The MIT Press, 2005.
- A. Doucet, N. De Freitas und N. Gordon: *Sequential Monte Carlo Methods in Practice*. Springer-Verlag, 2001.
- G. Görz, C.-R. Rollinger und J. Schneeberger, *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2003.
- G. Weiss, *Multiagent systems. A modern approach to distributed artificial intelligence*, The MIT Press, 1999.

Die Vorlesung *Statistische Lernverfahren und Mustererkennung* präsentiert die Grundlagen des Lernens von Daten sowohl für Klassifikations- als auch für Regressionsaufgaben. Die folgenden Themen werden behandelt: Bayes'sche Entscheidungstheorie, modellfreie Klassifikatoren, überwachtes und unüberwachtes Lernen, Maximum-Likelihood und Bayes'sche Parameterschätzung, Problem der Dimensionalität, Dimensionsreduktionsverfahren, Lineare Diskriminanzanalyse, lineare und polynomiale Diskriminanten, neuronale Netze, Generalisierbarkeit, Modellauswahl, Bias-Varianz Dilemma. Die vorgestellten Verfahren finden in den unterschiedlichsten Bereichen Anwendung, z.B. industrielle Automatisierung, Data Mining, Dokumentenverarbeitung, biometrische Identifikation, Bilderkennung und Spracherkennung. Die Übungen bestehen zum einen aus Rechenübungen und zum anderen aus Computerübungen. Bei Letzterem haben die Studierenden die Gelegenheit, praktische Erfahrungen im Umgang mit den präsentierten Konzepten anhand realer Datensätze zu sammeln.

Literatur:

- R. Häb-Umbach, „Statistische Lernverfahren und Mustererkennung – Skript zur Vorlesung“, Paderborn, 2005
- R. Duda, P. Hart und D. Stork, „Pattern Classification“, Wiley, 2001

Das Seminar *Fahrerassistenzsysteme* behandelt Technologien und Anwendungen zur Unterstützung des Fahrers im Automobil. Dazu sollen von den Studenten selbständig verschiedene Themen erarbeitet, in einem Seminarpapier erläutert und in einem Vortrag präsentiert werden. Einführende Literatur zu den einzelnen Themengebieten wird dabei gestellt. Das Themenspektrum umfasst die eingesetzten Technologien wie z.B. Kameratechnologie, laufzeitbasierte Messverfahren und Radar sowie Anwendungen wie z.B. intelligenter Tempomat, automati-

sche Notbremse, automatisches Einparken, Out of Position Detektion und Biometrische Identifikation.

Das Seminar *Visuell-räumliche Aufmerksamkeit* hat das Ziel, in die Modellierung und experimentelle Erforschung von visueller Aufmerksamkeit und damit die Forschung am Lehrstuhl Grundlagen der Elektrotechnik einzuführen. Dabei soll ein Einblick in die Forschung an den Grenzen mehrerer Disziplinen gegeben werden. Nach einer Einführung folgt eine erste Blockphase, in der verschiedene psychologische Ansätze bzw. Experimente zur Erforschung von visueller Aufmerksamkeit durch Studierende vorgestellt werden. In weiteren Blöcken werden die computationale Modellierung von Aufmerksamkeit behandelt und ggf. psychologische Experimente zur Erfassung von Aufmerksamkeit gezeigt.

Literatur:

- Backer, G. (2003) Modellierung visueller Aufmerksamkeit im Computer
Sehen: Ein zweistufiges Selektionsmodell für ein Aktives Sehsystem. Dissertation
U Hamburg
- Itti, L., Rees, G. & Tsotsos (2005): Neurobiology of Attention
(sections Foundations and Systems). Amsterdam (Elsevier) 3-196 resp. 547-676

Die Veranstaltung *Wissensverarbeitung (Knowledge Engineering)* behandelt Problemlösungsmethoden, um aus Wissensbeständen neues Wissen abzuleiten. Diese Lehrveranstaltung führt in die Begriffe und Methoden ein, die sich mit der organisatorischen und technischen Unterstützung von Prozessen zur Wissensverarbeitung beschäftigen. Formalismen zur Akquisition und Darstellung von Wissen werden vermittelt und einige Methoden an Hand der Programmiersprache PROLOG demonstriert.

Literatur:

- S. Kendal, M. Creen, "An Introduction to Knowledge Engineering", Springer, 2006
- F. Belli, "Einführung in die logische Programmierung mit PROLOG", BI Wissenschaftsverlag, 1986

Inhaltliche Verwertbarkeit

Künftigen Ingenieurinnen und Ingenieuren der Elektrotechnik eröffnen sich nach erfolgreichem Studium des Katalogs reichhaltige und spannende Betätigungsfelder. Die vermittelten Theorien und Methoden aus den Bereichen Automatisierungstechnik, Informationstechnik, Signalverarbeitung, Messtechnik, Mikroelektronik und darüber hinaus sind in ihrer Breite nicht nur grundlegend für das Gebiet der kognitiven Systeme, sondern sie finden in nahezu allen Feldern der Elektrotechnik Anwendung.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Erfolgreicher Abschluss eines einschlägigen Bachelorstudiums

Lernziele der Veranstaltungen

- Systematische Einführung in grundlegende Konzepte und Methoden der Kognitionswissenschaften und Einsicht in die Beziehung zwischen natürlicher und maschineller Informationsverarbeitung
- Verständnis wichtiger Theorien und Methoden für den Entwurf und die Entwicklung kognitiver Systeme
- Kennen lernen wichtiger Komponenten technischer kognitiver Systeme (z. B. Sensoren, Aktoren, Antriebe, Energieversorgung, Rechnerarchitekturen), ihre Entwicklung und ihr Betrieb.

Vermittlung von Faktenwissen (Inhaltskompetenz)

Grundlegende Kenntnisse der natürlichen Informationsverarbeitung werden benötigt, um Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Mensch und Maschine zu verstehen, die Mensch-Maschine-Interaktion zu gestalten sowie menschliche Fähigkeiten mit ingenieurwissenschaftlichen Methoden zu untersuchen oder durch Computereinsatz zu simulieren.

Einschlägige Veranstaltungen vermitteln grundlegende Kenntnisse in den Bereichen Mustererkennung, Bild- und Sprachverarbeitung, Robotik, kognitive Messtechnik usw.

Die Studierenden sollen in der Lage versetzt werden, die im Bereich der kognitiven Systeme anfallenden Tätigkeiten von Ingenieurinnen und Ingenieuren sachgerecht zu spezifizieren und durchzuführen.

Vermittlung von Methodenwissen (Methodenkompetenz)

Methodenkompetenz wird u.a. in den folgenden Bereichen vermittelt: (nicht-)lineare Systemtheorie, dynamische Systeme, (mehrdimensionale) Signalverarbeitung, künstliche Neuronale Netze und Softcomputing, Bild- und Sprachverarbeitung, Mehrgrößenregelungen, Robotik, Planungsverfahren, Evaluierungsstrategien und Lösungsmethodiken für Anwendungsprobleme.

Vermittlung von Transferkompetenz

Kognitive Systeme modellieren komplexe dynamische, in der Regel rückgekoppelte Prozesse. Vergleichbare Prozesse treten nicht nur in den Ingenieurwissenschaften, sondern in den Lebens-, Kultur- und Wirtschaftswissenschaften auf. Die Studierenden sollen befähigt werden, solche Analogien zu erkennen und die erlernten Theorien und Methoden zu übertragen.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Die Studierenden sollen die Fähigkeit erlangen, die Funktion und das Verhalten komplexer technischer Systeme und deren Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld unter ethischen Gesichtspunkten zu durchschauen und kritisch zu bewerten.

Schlüsselqualifikationen

- Souveräner Umgang mit dem vermittelten Theorie- und Methodenschatz
- Fähigkeit des Recherchierens und der Bewertung von (englischsprachiger) Fachliteratur
- Erkenntnis der Bedeutung von Teamleistung

Methodische Umsetzung

- Die jeweiligen theoretischen Grundlagen werden in Vorlesungen vermittelt.
- Übungen bieten Gelegenheit zur Einbringung eigener Kenntnisse und Fähigkeiten sowie zur Klärung offener Fragen.

Organisationsform, Medieneinsatz, Literaturangaben

- Die Veranstaltungen werden in der Regel als zweistündige Vorlesung ergänzt um eine zweistündige Übung durchgeführt. Im Übungsbereich sollen teilweise virtuelle Lernumgebungen eingesetzt werden. Seminare sind in Vorbereitung. Die Veranstaltungen werden durch Projektarbeiten außerhalb des Katalogs vertieft.
- Die Vorlesungen werden mit Tafeleinsatz und mit dem Einsatz elektronischer Medien realisiert.
- Die Übungen werden zum Teil in theoretischer Form, zum Teil am Rechner bzw. am Gerät im Labor durchgeführt.
- Skripte, Übungsblätter und Musterlösungen werden den Studierenden rechtzeitig zur Verfügung gestellt.
- Weiterführende Literatur wird zu Beginn der jeweiligen Veranstaltung bekannt gegeben.

Prüfungsmodalitäten

Mündliche Prüfungen

Katalogverantwortliche

Mertsching

III.2.3 Kommunikationstechnik

Rolle des Katalogs im Masterstudiengang Elektrotechnik

Die Kommunikationstechnik ist eine der wichtigsten Wirtschaftsbereiche der heutigen industrialisierten Gesellschaft. Kaum eine berufliche oder private Aktivität ist ohne die Verwendung von Kommunikationstechnik vorstellbar: Firmen und öffentliche Institutionen verlassen sich ebenso auf schnellen Datentransfer, wie etwa Privatpersonen auch unterwegs bei Bedarf erreichbar sein wollen. Mit dem Mobiltelefon überall erreichbar sein, Musik und Bilder aus weltweiten Netzen holen, riesige Datenmengen über Satellitenverbindungen oder Glasfasern austauschen, das sind nur einige Beispiele für Anwendungen der Kommunikationstechnik.

Kommunikationstechnik beschäftigt sich nicht nur mit der Darstellung, Codierung, Übertragung und Speicherung von Information, sondern auch mit deren Verarbeitung und Interpretation.

Es wird erwartet, dass der Studierende bereits grundlegende Kenntnisse der Übertragungstechnik aus einem vorangegangenen Bachelorstudium aufweist. Durch Auswahl entsprechender Wahlpflichtfächer aus dem angebotenen Katalog hat er Gelegenheit, vertiefende Kenntnisse in verschiedenen Bereichen der Kommunikationstechnik zu erwerben. Das angebotene Fächerspektrum umfasst Themen aus den Bereichen Übertragungstechnik, Kommunikationsnetze und -systeme, digitale Signalverarbeitung, sowie Sprach- und Bildverarbeitung.

Inhaltliche Gliederung des Katalogs

Der Katalog Kommunikationstechnik besteht aus den folgenden Lehrveranstaltungen:

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungs- punkte	Häufigkeit des An- gebots
Digitale Sprachsignal- verarbeitung	Hüb-Umbach	2V, 2Ü	6	jedes SS
Digitale Signalverarbei- tung	Meerkötter	2V, 2Ü	6	jedes WS
Diskrete Strukturen und Algorithmen	Belli	2V, 2Ü	6	jedes SS
Drahtlose Kommunika- tionssysteme	Schulz	2V, 2Ü	6	jedes SS
Dynamische Zustands- schätzung	Fränken	2V, 2Ü (Block- veranst.)	6	Jedes SS
Elektromagnetische Feldsimulation	Schuhmann	2V, 2Ü	6	Jedes WS
Feldberechnung mit der Randelementmethode	Sievers	2V, 2Ü	6	Jedes WS
Entwurf und Synthese von Digitalfiltern	Fränken	2V, 2Ü (Block- veranst.)	6	jedes SS
Hochfrequenztechnik	Noé	2V, 2Ü	6	jedes SS
Kommunikationsnetze	Porrman	2V, 2Ü	6	jedes SS
Mobilfunk	Schulz	2V, 2Ü	6	jedes WS
Optimale und adaptive Filter	Hüb-Umbach	2V, 2Ü	6	jedes WS
Videotechnik	Hüb-Umbach / Bock	2V, 2Ü	6	jedes SS

Die Veranstaltung *Digitale Sprachsignalverarbeitung* führt in das umfangreiche Gebiet der maschinellen Verarbeitung von Sprache ein. Zunächst wird ein kurzer Einblick gegeben in die Sprachwissenschaften: die nachrichtentechnische Funktionsweise des menschlichen Sprech- und Hörorgans wird vorgestellt, psychoakustische Effekte werden erläutert und demonstriert, und einige Aspekte der Phonetik und Linguistik werden beleuchtet. Anschließend werden für den weiteren Verlauf der Vorlesung wichtige Verfahren aus dem Bereich der digitalen Signalverarbeitung erläutert: zeitdiskrete Faltung, DFT, FFT, Realisierung digitaler Filter im Frequenzbereich. Nun werden Verfahren zur Schätzung von Sprachsignalen oder Sprachsignalparametern vorgestellt: Kurzzeit-Autokorrelation, Spektrogramm, Cepstrum, LPC-Analyse, Wiener Filterung zur Geräuschunterdrückung, adaptive Filterung zur Störgeräusch- oder Echowunderdrückung, Signalverarbeitung mit Mikrophongruppen etc. Den Abschluss bildet eine Einführung in Methoden der Sprachcodierung. Die Vorlesung ist angereichert mit vielfältigen Hörbeispielen zu den besprochenen Themen.

Literatur:

- R. Hüb-Umbach, „Digitale Sprachsignalverarbeitung – Skript zur Vorlesung“, Paderborn, 2005
- P. Vary, U. Heute und W. Hess, „Digitale Sprachsignalverarbeitung“, Teubner, 1998

Beschreibung des Inhalts: *Digitale Signalverarbeitung* (Meerkötter):

- Beschreibung zeitdiskreter Signale im Zeit- und Frequenzbereich,
- äquivalente zeitdiskrete Signale,
- Stabilität und Kausalität,
- idealisierte zeitdiskrete Systeme,
- zeitdiskrete Hilbert-Transformation,
- kausalisierbare Systeme,
- äquivalente Frequenzvariable,
- Entwurf von Digitalfiltern und Diskussion wichtiger Approximationsverfahren,
- Auswirkung endlicher Signal- und Koeffizientenwortlängen,
- Rolle der Passivität in der digitalen Signalverarbeitung,
- passive Digitalfilter

Beschreibung des Inhalts: *Diskrete Strukturen und Algorithmen* (Belli):

Nach Einführung der Grundlagen (diskrete Strukturen: Mengen/Relationen/Funktionen, elementare Logik, Graphen/Bäume) erläutert die Lehrveranstaltung Grundzüge der Automaten-theorie, Formalen Sprachen und Berechenbarkeit zur Analyse und Evaluation von Algorithmen. Instrumentalisierung, Einübung und Vertiefung des Gelernten erfolgt über Implementierung von Validationsmethoden und Erstellung von Diagnosesystemen für technische Anwendungen.

Beschreibung des Inhalts: *Drahtlose Kommunikationssysteme* (Schulz):

- Abgrenzung von drahtloser Kommunikation zu mobiler Kommunikation
- Allg. Funktechniken in ISM-Bändern
- Kanaleigenschaften
- Interferenzen
- Codierung
- Physikalische Schichten, höhere (Protokoll-)Schichten
- Datenraten
- Aufgaben von Funknetzen
- Schnurlose Funkssysteme:
 - WLAN
 - Bluetooth
 - HomeRF

- CT0/CT1/CT2
 - Dect
 - HyperLan
 - Zigbee
- Anforderungen an zukünftige Systeme

Beschreibung des Inhalts: *Dynamische Zustandsschätzung* (Fränken)

Das Ziel der Vorlesung besteht darin, Studierenden Konzepte und Verfahren der Schätzung von Zuständen dynamischer Systeme zu vermitteln. Grundlage bildet eine statistische Systembetrachtung, bei der sowohl die zeitliche Veränderung des Systemzustandes als auch der Zusammenhang zwischen Zustand und zur Verfügung stehender Messgrößen mit Unsicherheiten behaftet sind. Die vorgestellten Verfahren werden anhand der Schätzung von Position und Geschwindigkeit bewegter Objekte (Tracking) erläutert, finden aber auch in vielen anderen Gebieten Anwendung.

Nach einer kurzen Wiederholung der grundlegenden Axiome und Begriffe der Wahrscheinlichkeitslehre wird die Charakterisierung von Zufallsvariablen erläutert. Als wesentliche Zusammenhänge bei der Betrachtung von Verbundstatistiken werden die Regel von Bayes und der Satz von der totalen Wahrscheinlichkeit vorgestellt. Die Veranstaltung wird mit einer ausführlichen Diskussion der MSE-Schätzung fortgeführt. Aspekte sind die Schätzung normalverteilter und nicht-normalverteilter Zufallsgrößen bei linearer oder nichtlinearer Messgleichung (etwa durch Linearisierung der Messgleichung, Verwendung der Unscented Transformation oder Anwendung des Importance Samplings) und die Schätzung aufgrund mehrerer Messungen (durch parallele oder sequentielle Verarbeitung). Die gefundenen Ergebnisse werden anschließend auf die Zustandsschätzung dynamischer Systeme zunächst mit linearen und quasilinearen Methoden erweitert, indem geeignete Systembeschreibungen eingeführt werden. Es wird gezeigt, wie man so als optimalen Schätzer für lineare Systeme das Kalman-Filter erhält, und wie sich dieser Schätzer in geeignet abgewandelter Form (z.B. in Form des Unscented Kalman-Filters) auch bei moderat nichtlinearen Systemen anwenden lässt. Als gängiges Verfahren zur Zustandsschätzung von Systemen mit schaltend veränderlicher Systemdynamik wird der IMM-Ansatz diskutiert. Die Veranstaltung schließt mit einer detaillierten Diskussion der Zustandsschätzung mittels sequentieller Monte-Carlo-Methoden. Das Verfahren des sequentiellen Importance-Samplings wird vorgestellt. Damit verbundene Probleme (Sample-Degeneration, Sample-Verarmung) sowie geeignete Strategien zu ihrer Behebung (Resampling, Regularisierung) werden erläutert. Verschiedene Typen von Particle-Filtern werden erörtert (Bootstrap-Filter, Local-Linearization-Particle-Filter, Auxiliary-Particle-Filter, Marginalized Particle-Filter), wiederum unter Berücksichtigung von Systemen mit schaltend veränderlicher Systemdynamik.

Literatur:

- A. Papoulis: Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, McGraw Hill, 2002.
- Y. Bar-Shalom, Xiao-Rong Li: Estimation and Tracking: Principles, Techniques, and Software. Artech House Publishers, 1993.
- B. Ristic, S. Arulampalam, N. Gordon: Beyond the Kalman Filter (Particle Filters for Tracking Applications). Artech House Publishers, 2004.
- A. Doucet, N. de Freitas, N. Gordon (Hsg.): Sequential Monte Carlo Methods in Practice. Springer, 2001.
- D. Fränken: Skript zur Vorlesung.

R. van der Merwe, A. Doucet, N. de Freitas: The Unscented Particle Filter. Technical report CUED/F-INFENG/TR380, Cambridge University, 2000.

Special Issue on Monte Carlo Methods for Statistical Signal Processing. IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 50, no. 2, Februar 2002.

Special Issue on Sequential State Estimation. Proceedings of the IEEE, vol. 92, no. 3, März 2004.

Die Veranstaltung *Elektromagnetische Feldsimulation* bietet eine Einführung in moderne Simulationsverfahren für elektromagnetische Feldprobleme. Im Mittelpunkt steht mit der Methode der Finiten Integration (FIT) ein moderner, sehr effizienter und erfolgreicher Ansatz aus der Klasse der gitterbasierten Verfahren. Es können Feldprobleme der Statik, Quasistatik und schnell-veränderliche Felder (elektromagnetische Wellen) bei nahezu beliebiger Materialverteilung behandelt werden. Die Modellierung mit FIT führt dabei auf algebraische Matrizen-gleichungen, deren Lösung ebenfalls einführend besprochen wird. Außerdem kommen einige verwandte Verfahren wie Finite Differenzen und Finite Elemente zur Sprache.

In der zugehörigen programmierpraktischen Übung werden für einfache Problemstellungen der Simulationstechnik kleine Matlab-Programme erstellt.

Ziel der Lehrveranstaltung ist u.a., die Möglichkeit und Grenzen der besprochenen Verfahren im praktischen Einsatz kennen zu lernen und einschätzen zu können. Außerdem wird das Fundament für eine Weiterentwicklung der Algorithmen im Rahmen wissenschaftlicher Projekte gelegt. Ein ausführliches Skript zur Vorlesung steht zur Verfügung.

Im Mittelpunkt der Lehrveranstaltung *Feldberechnung mit der Randelementmethode* steht ein Diskretisierungsverfahren, das bevorzugt in der Antennentechnik zur Lösung von Abstrahlungsproblemen sowie in der Radartechnik zur Analyse von Streuobjekten eingesetzt wird. Aus den numerisch ermittelten Ergebnissen sind schließlich wichtige Kenngrößen wie beispielsweise die Richtcharakteristik von Antennen oder der Rückstreuquerschnitt von Radarzielen ableitbar.

Ziel der Vorlesung ist die Vermittlung des theoretischen Grundwissens über die Randelementmethode unter Berücksichtigung anwendungsbezogener Aspekte, wobei das Hauptaugenmerk auf den Einsatz in der Ingenieurspraxis gerichtet ist. Die als Integralgleichungsmethode bezeichnete Überführung elektromagnetischer Randwertprobleme in dazu äquivalente Integralgleichungen und deren anschließende Diskretisierung mit Hilfe der Momentenmethode bilden die Kerninhalte der Veranstaltung. Des Weiteren werden Strategien zur Lösung des diskreten Problems sowie Möglichkeiten zur Beschleunigung des Lösungsprozesses, die aufgrund der dichten Besetzungsstruktur der Systemmatrizen unumgänglich ist, besprochen. Besonderer Wert wird dabei auf die mathematische Modellierung von Antennen- und Streuproblemen sowie die Extraktion charakteristischer Zielgrößen aus der Feldlösung gelegt, um so den wichtigen Bezug zur Rechenpraxis herzustellen.

Die Vorlesung wird von einer programmierpraktischen Übung begleitet, in welcher die in der Vorlesung präsentierten Algorithmen auf einem Computer umgesetzt und anhand einfacher Rechenbeispiele erprobt werden sollen.

Beschreibung des Inhalts: *Entwurf und Synthese von Digitalfiltern* (Fränken):

Ziel der Veranstaltung ist es, grundlegende Kenntnisse der Auslegung und Implementierung von Filterstrukturen für die digitale Signalverarbeitung zu vermitteln. Der Studierende lernt verschiedene Strukturen und Entwurfsverfahren zum Erreichen eines gewünschten Übertra-

ungsverhaltens kennen und daraus eine für die jeweilige Anwendung geeignete Auswahl zu treffen.

Die Vorlesung beginnt mit einer Formulierung der Zielsetzungen bei Entwurf und Synthese von Digitalfiltern hinsichtlich Dämpfungsverlauf, Phasenverlauf, Toleranzschema, Stabilität und Aufwand. Die Begriffe Entwurf und Synthese werden erläutert und die Bedeutung von Wortlängeneffekten in Bezug auf Empfindlichkeit und Stabilität verdeutlicht. Mit Direktstrukturen, Kaskaden- und Parallelstrukturen sowie der Struktur nach Gray und Markel werden Syntheseverfahren rekursiver Filter vorgestellt. Als besondere Klasse werden Wellendigitalfilter betrachtet und hierbei wieder insbesondere Strukturen zu symmetrischen und antisymmetrischen verlustfreien Zweitoren. Es wird erarbeitet, wie der klassische Tiefpass-Filterentwurf (Butterworth, Tschebyscheff, Cauer) anhand der charakteristischen Funktion erfolgen kann und wie man von dort mittels Frequenztransformationen zu Hoch- und Bandpässen sowie Bandsperren gelangt. Als Beispiel für numerische Entwurfsverfahren zu nichtrekursiven linearphasigen Filterstrukturen wird der Remez-Algorithmus diskutiert. Die Vorlesung schließt mit einer Betrachtung von rekursiven Filtern mit näherungsweise linearer Phase.

Literatur:

A. Antoniou: Digital Filters. McGraw-Hill, New York.

A. Fettweis: Wave Digital Filters: Theory and Practice. Proceedings of the IEEE Bd. 74, 1986, pp. 270-327.

D. Fränken: Foliensammlung zur Vorlesung.

H.W. Schüßler: Digitale Signalverarbeitung 1. Springer-Verlag, Berlin 1994.

R. Unbehauen: Netzwerk- und Filtersynthese. Oldenbourg-Verlag, München, 1993.

Die Veranstaltung *Hochfrequenztechnik* erweitert das in der Veranstaltung *Theoretische Elektrotechnik* erworbene Wissen um weitere anwendungsrelevante Anteile. Ziel ist es, die Hörer für Entwicklungsarbeiten z.B. im hochfrequenten Teil eines Mobiltelefons zu befähigen. Gesichtspunkte der Hochfrequenztechnik sind aber auch schon in gängigen Digitalschaltungen zu berücksichtigen. Die Schwerpunkte der Veranstaltung sind passive Baugruppen, Hochfrequenzeigenschaften der Transistorgrundschaltungen, lineare und nichtlineare Verstärker, rauschende Mehr Tore, Mischer, Oszillatoren, Synchronisation und Phasenregelschleife. Praktikumsversuche im Frequenzbereich bis 50 GHz können ebenfalls absolviert werden.

Die Lehrveranstaltung *Kommunikationsnetze* gibt eine Einführung in die Konzepte und Mechanismen von Computernetzen unter besonderer Berücksichtigung neuer Verfahren für die Paketvermittlung in Hochgeschwindigkeitsnetzwerken. Basierend auf dem OSI-Referenzmodell, wird zunächst eine hierarchische Strukturierung der Netzfunktionen vorgenommen. Zentrale Vorlesungsinhalte sind unter anderem die Übertragung digitaler Signale, Mechanismen zur Fehlererkennung und -korrektur sowie Algorithmen zur Überlastüberwachung. Komplexe Netze wie das Internet erfordern weiterhin leistungsfähige Verfahren zur Wegewahl, die eine dynamische Anpassung an die aktuelle Netzauslastung ermöglichen. An Beispielen aktueller Netzwerkprotokolle für Rechnernetze wie TCP/IP und Gigabit Ethernet wird die Praxisrelevanz der verschiedenen Verfahren überprüft. Netzwerke der Automatisierungstechnik mit hohen Anforderungen an Echtzeitfähigkeit und Sicherheit bilden einen weiteren Schwerpunkt der Veranstaltung. Begleitend zur Vorlesung werden in den Übungen praktische Aufgaben mit den in der Arbeitsgruppe Schaltungstechnik vorhandenen Kommunikationssystemen bearbeitet.

Literatur:

- S. Tanenbaum, Computernetzwerke (Computer Networks), Pearson Studium, 2003
- J. F. Kurose, K. W. Ross, Computernetze, Addison-Wesley, 2002
- D. E. Comer, Computernetzwerke und Internets, Pearson Studium, 2002

Die Vorlesung *Mobilfunk* vermittelt den Studierenden einen Einblick in die Aufgabenstellungen und Techniken mobiler Kommunikation. Hierzu werden zunächst die Grundlagen der für diese Art der Übertragung notwendigen Kenntnisse vermittelt. Dies bezieht sich auf die Beschreibung des Mobilfunkkanals sowie auf die speziellen Kanalbedingungen der betrachteten Systeme. Einen breiten Raum nimmt die Aufarbeitung der Randbedingungen der derzeit wichtigsten Mobilfunksysteme GSM (Global System for Mobile Communications), UMTS (Universal Telecommunications System) und IS-95 ein. Aber auch die Weiterführungen dieser Systeme und Überlegungen zu Systemen der zukünftigen 4. Generation spielen eine große Rolle. Weiterhin werden die Verfahren vorgestellt, die die Berechnung von Ausbreitungsbedingungen und den Entwurf sowohl von Makro-, Mikro- und Picozellen ermöglichen, wie sie bei den genannten Systemen notwendig sind. Ebenfalls werden die speziellen Codierungskonzepte, die im mobilen Umfeld zur Erhöhung der Übertragungssicherheit notwendig sind, herausgestellt.

Die Veranstaltung *Optimale und adaptive Filter* liefert einen Einblick in die Theorie und die vielfältigen, nicht nur nachrichtentechnischen Anwendungen signalangepasster Filterverfahren. Zunächst werden die Grundlagen der klassischen Parameterschätzung präsentiert: MMSE-Schätzung, linearer Schätzer, Orthogonalitätsprinzip, Bewertung der Güte von Schätzverfahren. Anschließend wird die Wiener Filtertheorie ausführlich dargestellt, an die sich eine Betrachtung von iterativen Optimierungsverfahren und deren Stabilitäts- und Konvergenzanalyse anschließt. Weiterhin werden die bekanntesten adaptiven Filterverfahren (LMS, NLMS) vorgestellt, sowie deren effiziente Realisierung im Frequenzbereich. Schließlich werden Least Squares und rekursive Least Squares Verfahren behandelt und in die Kalman Filterung als Beispiel einer Prozessschätzung eingeführt. In den einzelnen Kapiteln werden jeweils auch Realisierungsaspekte betrachtet, und es werden Beispielanwendungen präsentiert, z.B. Strahlformung, Spektralschätzung, Entzerrung. Der Vorlesungsstoff wird durch Matlab-Übungen vertieft.

Literatur:

- R. Häb-Umbach, „*Optimale und adaptive Filter – Skript zur Vorlesung*“, Paderborn, 2005
- S. Haykin, „*Adaptive Filter Theory*“, Prentice Hall, 1996

Beschreibung des Inhalts: *Videotechnik* (Häb-Umbach / Bock):

- Grundlagen des Sehens, Farbmatrik
- Bildfelderlegung und Abtastung
- Das Videosignal, Normen, Grundlagen der Farbvideotechnik
- Optisch-Elektrische Wandler, Digitalisierung
- Quellencodierung, Bilddatenreduktionsmethoden (MPEG)
- Kanalcodierung und Übertragung, digitale Übertragungsmethoden (DVB)
- Empfängertechnik, Speicherprinzipien

Literatur:

- Schönfelder, Fernsehtechnik Teil 1, Justus von Liebig Verlag, Darmstadt 1972
- Schiller, Martin et.al INTERNET: Werkzeuge und Dienste, Springer Verlag, Berlin 1994
- Schönfelder, H., Bildkommunikation, Springer Verlag, Heidelberg 1988
- Reimers, U. (Hrsg.), Digitale Fernsehtechnik, Datenkompression und Übertragung für DVB, Springer Verlag, Berlin 1995

Inhaltliche Verwendbarkeit

In den Wahlpflichtfächern können vertiefende Kenntnisse über Komponenten und Verfahren der Kommunikationstechnik erworben werden.

Statistische Signalbeschreibungen, wie sie in der Vorlesung Nachrichtentechnik eingeübt werden, finden Anwendungen in vielfältigen Gebieten. Sie erlauben die Herleitung von nach einem Entwurfskriterium optimalen Algorithmen.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Der Katalog ist für die Studierenden so aufgebaut, dass keine der Vorlesungen auf den übrigen Veranstaltungen im selben Katalog unmittelbar aufbaut, obwohl das Verständnis teilweise durch den Besuch inhaltsnaher Vorlesungen erleichtert wird (z.B. Digitale Sprachsignalverarbeitung und Optimale und Adaptive Filter). Ansonsten wird von den mathematischen und elektrotechnischen Grundkenntnissen ausgegangen, die durch die Vorlesungen des Bachelorstudiums vorgegeben sind etwa zur höheren Mathematik und Grundlagen der Elektrotechnik aber auch besonders der Nachrichtentechnik und der Signal- und Systemtheorie.

Lernziele der Veranstaltungen des Katalogs

Die Studierenden sollen ein Verständnis für eine systemtheoretische Betrachtung von Problemstellungen aus der Kommunikationstechnik gewinnen. Sie sollen in der Lage sein, kommunikationstechnische Systeme auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen zu erfassen.

Die Studierenden sollen vertraut werden mit zeitdiskreter Signalverarbeitung, da die Verfahren und Algorithmen der Kommunikationstechnik in der Regel digital realisiert werden.

Weiterhin soll ein vertieftes Verständnis der statistischen Sichtweise erzielt werden, denn die in technischen Systemen realisierten Methoden zur Optimalfilterung basieren auf dieser Sichtweise.

Der Studierende soll anschließend in der Lage sein, eine unbekannte Fragestellung aus dem Bereich der Kommunikationstechnik zu analysieren, Lösungsalternativen bezüglich ihrer Optimalität und Realisierbarkeit zu bewerten und Algorithmen zu entwerfen und zu implementieren.

Vermittlung von Faktenwissen - Inhaltskompetenz

Einschlägige Veranstaltungen vermitteln grundlegende Kenntnisse in den Bereichen Übertragungstechnik, Kommunikationsnetze und Signalverarbeitung.

Es werden Kenntnisse über heute existierende und zukünftige Kommunikationssysteme, z.B. im Bereich des Mobilfunks, vermittelt.

Die erworbenen Kenntnisse aus den Bereichen der Signalverarbeitung sind in Berufsfeldern über das Gebiet der Kommunikationstechnik hinaus von großer Bedeutung.

Vermittlung von methodischem Wissen - Methodenkompetenz

Methodenkompetenz wird unter anderem in den folgenden Bereichen erworben:

- Entwurf und Realisierung von Kommunikationssystemen
- Methoden zur Beschreibung komplexer technischer Systeme (z.B. Mobilfunksystem) auf verschiedenen Abstraktionsebenen
- Methoden zur Verarbeitung eindimensionaler Signale (Sprache, Audio)
- Methoden zur Optimalfilterung und zur Verfolgung linearer und nichtlinearer dynamischer Systeme

Vermittlung von Transferkompetenz

Kommunikationssysteme, wie etwa Mobilfunksysteme, sind zum Teil extrem komplexe Gebilde. Die Methoden zur Beschreibung dieser Systeme auf verschiedenen Abstraktionsebenen können auf andere Gebiete mit ähnlich komplexen Systemen übertragen werden.

Verfahren der Prozess- und Parameterschätzung werden in vielen anderen Gebieten verwendet, z.B. in der Automatisierungstechnik, Mustererkennung.

Die statistische Beschreibung von Signalen kann auch auf „symbolische“ Daten (z.B. Dokumente) übertragen werden und damit auf Fragestellungen aus der Informatik angewendet werden (z.B. Data Mining, automatische Dokumentenanalyse).

Systemtheoretische Beschreibung technischer Systeme werden auch außerhalb der Nachrichtentechnik vielfältig angewendet.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Die Studierenden sollen die Fähigkeit erlangen, die Funktion und das Verhalten komplexer technischer Systeme und deren Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld unter ethischen Gesichtspunkten zu durchschauen und kritisch zu bewerten. Gerade die moderne Kommunikationstechnik hat Auswirkungen auf das Zusammenleben in der Gesellschaft.

Schlüsselqualifikationen

Kooperations- und Teamfähigkeit in den Präsenzübungen sowie bei der Durchführung von gemeinsamen Computerübungen.

Strategien des Wissenserwerbs:

Kombination aus Vorlesung, Vor- und Nachbereitung am Vorlesungsmaterial, Präsenzübungen, Vorbereitungsaufgaben, eigenständiges Recherchieren, Umgang mit englischsprachiger Fachliteratur

Methodische Umsetzung

- Die Grundlagen und Konzepte werden im Rahmen von Vorlesungen eingeführt.
- In den Übungen werden Beispielaufgaben vorgerechnet und diskutiert, offene Fragen werden geklärt.
- Außerdem werden in den Übungen Computerbeispiele (meist mit Matlab) durchgeführt. Den Studierenden wird Matlab zur Verfügung gestellt, so dass Sie die Aufgaben selbstständig lösen können und eigene Problemstellungen bearbeiten können.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesung mit Tafel- bzw. Folienanschrieb, kleine Demonstrationen am Rechner mit Software-Tools (z.B. Matlab, Simulink)
- Bereitstellung eines ausführlichen Skripts, sowie von Lehrbüchern aus der Lehrbuchsammlung
- Verständnisüberprüfende Fragen am Ende eines jeden Kapitels im Vorlesungsskript
- Übungen: Präsenzübungen in Kleingruppen mit Übungsblättern, teilweise praktische Übungen am Rechner.
- erwartete Aktivitäten der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Lösung der Verständnisfragen im Skript
- Lehrmaterialien im Web

Prüfungsmodalitäten

Mündliche Prüfungen

Katalogverantwortlicher

Hüb-Umbach

III.2.4 Mikroelektronik

Rolle des Moduls im Studiengang M.Sc. Elektrotechnik

Das Modul vermittelt vertiefende Kenntnisse über die Entwicklung, die Simulation und den Entwurf integrierter Mikrosysteme.

Das Modul liefert den erfolgreich Studierenden die im Berufsfeld der Halbleitertechnik geforderten Kenntnisse zum Schaltungsentwurf und zur Entwicklung und Herstellung von Mikrosystemen.

Inhaltliche Gliederung der Veranstaltung

Das Modul besteht aus den folgenden Lehrveranstaltungen:

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Nanoelektronik	Rückert	2V, 2Ü	6	jedes WS
Mediatronik	Pormann	2V, 2Ü	6	jedes SS
Rekonfigurierbare Rechnerarchitekturen	Pormann	2V, 2Ü	6	jedes WS
Kognitronik	Witkowski	2V, 2Ü	6	jedes WS
Test hochintegrierter Schaltungen	Hellebrand	2V, 2Ü	6	jedes WS
CAD-Methoden	Rückert	2V, 2Ü	6	jedes SS

SoC--Projekt- und Produktmanagement	Rückert	2V, 2Ü	6	jedes SS
Analoge CMOS-Schaltkreise	Thiede	2V, 2Ü	6	jedes SS
Technologie hochintegrierter Schaltungen	Hilleringmann	2V, 2Ü	6	jedes SS
Integrierte Halbleitersensoren	Hilleringmann	2V, 2Ü	6	jedes WS
RFID-Funketiketten: Aufbau und Funktion	Hilleringmann	2V, 2Ü	6	Jedes SS
Schaltnetzteile und Stromversorgungssysteme	Böcker / Fröhleke	2V, 2Ü	6	jedes WS
Entwurf eingebetteter Systeme	Porrmann, Witkowski	2V, 2Ü	6	jedes WS
Speichersysteme	Rückert	2V, 2Ü	6	jedes WS
Hochfrequenzleistungsverstärker	Thiede	2V, 2Ü	6	jedes WS

Die Veranstaltung *Nanoelektronik* behandelt die Auswirkungen der anhaltenden Strukturverkleinerung auf die Eigenschaften digitaler und analoger Schaltungen sowie auf den Entwurf von komplexen SoC-Architekturen.

Literatur:

- M. J. S. Smith, Application-Specific Integrated Circuits, Addison-Wesley, 2001
- J. F. Wakerly, Digital Design – Principles & Practices, Prentice Hall, 2001
- P. Ashenden, The Designers Guide to VHDL, Morgan Kaufmann, 2000

Die Veranstaltung *Test hochintegrierter Schaltungen* gibt einen Einblick in die Komplexität der Funktionsüberprüfung moderner integrierter Schaltungen. Neben Verfahren zur systematischen Erzeugung, Aufbereitung und Komprimierung von Testdaten werden insbesondere auch Selbstverfahren vorgestellt, bei denen die Ressourcen zur Erzeugung und Auswertung von Testdaten mit in das Chip integriert werden.

Literatur:

- Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal: Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory & Mixed-Signal VLSI Circuits; Boston,
- Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000

- Aktuelle Arbeiten aus Zeitschriften und Konferenzbänden, z. B. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Circuits and Systems, IEEE International Test Conference
- Handouts der Vorlesungsfolien

Die Veranstaltung *CAD-Methoden* befasst sich mit der Wirkungsweise von rechnergestützten Entwurfswerkzeugen, die für eine erfolgreiche Realisierung von mikroelektronischen Systemen unentbehrlich sind.

Literatur:

- S. Rubin, Computer Aids for VLSI-Design, Addison-Wesley Publ., Reading Massachusetts, 1987
- Y. Sait, VLSI Physical Design Automation, Theory and Practice, IEEE Press, New York 1995

Die Veranstaltung *SoC-Entwurfs- und Produktmanagement* gibt einen Einblick in Methoden der Produktspezifikation mikroelektronischer Bausteine sowie in Kontrollmechanismen beim Entwurfsablauf in größeren Projektgruppen.

Literatur:

- S. Albers, A. Herrmann (Hrsg.), Handbuch Produktmanagement. Strategieentwicklung, Produktplanung, Organisation, Kontrolle, Gabler Verlag, 2002
- H. Chang et al., Surviving the SOC Revolution, Kluwer Academic Publishers, 1999
- M. Keating, P. Bricaud, Reuse Methodology Manual for Systems-On-Chip Designs, Kluwer Academic Publishers, 2002

Die Veranstaltung *Analoge CMOS-Schaltkreise* vermittelt Kenntnisse über analoge Schaltungstechniken insbesondere im Hinblick auf die CMOS-Technologie.

Literatur:

- Thiede, "Analog CMOS Integrated Circuits", Vorlesungsskript, Universität Paderborn
- Razavi: "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", McGraw
- Hill, (51 YFB3308)

Die Veranstaltung *Technologie hochintegrierter Schaltungen* behandelt die Halbleiterprozesstechnik für moderne mikroelektronische Schaltungen.

Literatur:

- D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich: Technologie hochintegrierter Schaltungen, Springer, 1996
- U. Hilleringmann: Silizium-Halbleitertechnologie, Teubner, 2004
- G. Schumicki, P. Seegebrecht: Prozesstechnologie, Springer, 1991

Die Veranstaltung *Integrierte Halbleitersensoren* gibt als Schnittstelle zur Automatisierungstechnik einen Überblick zu den aktuellen Sensoren für Temperatur, Feuchte, Druck, Drehrate, Beschleunigung, Magnetfeld, Gaskonzentrationen usw.

Im Rahmen der Vorlesung *RFID-Funketiketten: Aufbau und Funktion* werden RFID-Funketiketten behandelt. Dazu werden die verschiedenen Transponder-Bauformen und Lesegeräte hinsichtlich Energie- und Datenreichweite analysiert. Die Antennenbauformen für HF- und Mikrowellensysteme nehmen erheblichen Einfluss auf die Systemfunktion; insbesondere passive Systeme nutzen dabei ausschließlich das Antennensignal zur Energieversorgung. Weitere Vorlesungsbestandteile sind die Datencodierung und die Datensicherheit.

Die Veranstaltung *Schaltnetzteile und Stromversorgungssysteme* befasst sich mit Stromversorgungssystemen, die mikroelektronische Baugruppen (Computer, Telekommunikationsgeräte, Automobilelektronik usw.) mit elektrischer Energie hoher Güte (Spannungskonstanz, Netzurückwirkungen, Wechselwirkungen, EMV) versorgen.

Entwurf eingebetteter Systeme: Werden die informationsverarbeitenden Komponenten nicht als solche sichtbar, sondern sind als Bestandteil in ein größeres, sie umgebendes System eingebettet, so spricht man von eingebetteten Systemen. Im Rahmen dieser Vorlesung werden die besonderen Anforderungen an den Entwurf und den Betrieb eingebetteter Systeme betrachtet. Die besondere Herausforderung beim Entwurf solcher Systeme ergibt sich durch die Heterogenität der Systemarchitektur (anwendungsspezifische Hardware, Prozessoren und Software), die Komplexität der Aufgabenstellung und durch die Notwendigkeit, eine Vielzahl technischer und ökonomischer Vorgaben einhalten zu müssen. Schwerpunkte dieser Vorlesung liegen auf Entwurfsmethoden und Architekturen für eingebettete Systeme. Besondere Beachtung finden mobile eingebettete Systeme mit ihren speziellen Anforderungen – insbesondere im Hinblick auf Baugröße und Verlustleistung.

Der Vorlesungsstoff wird in den Übungen durch Beispiele ergänzt, um das Verständnis für die grundlegenden Konzepte und Entwurfsmethoden von eingebetteten Systemen durch eigenständige Beschäftigung mit den Inhalten besser zu verankern. An ausgewählten Demonstratoren werden darüber hinaus vertiefende Kenntnisse für die praktische Umsetzung beim Entwurf eingebetteter Systeme vermittelt.

Speichersysteme: Im Rahmen dieser Vorlesung wird, angefangen bei einer einzelnen Festplatte bis hin zu global verteilten Speicher- und Peer-to-Peer-Systemen, eine Einführung in moderne Speichertechnologien, deren Verwaltung und Modellierung gegeben. Die theoretischen Grundlagen der Vorlesung werden dabei in den Übungen praktisch vertieft.

Literatur:

- David A. Patterson, John L. Hennessy: Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface, Third Edition, Morgan Kaufmann Publishers
- Robert Love: Linux Kernel Development, Second Edition, Novell Press
- Jonathan Corbet, Alessandro Rubini, Greg Kroah-Hartman: Linux Device Drivers, Third Edition, O'Reilly (verfügbar als Free Book)

Hochfrequenzleistungsverstärker: Vermittlung von Kenntnissen zum Entwurf integrierter Hochfrequenzleistungsverstärker insbesondere für Anwendungen in der Mobilkommunikation und der Sensorik. Analyse- und Simulationstechniken, Konventionelle Verstärkerklassen (A, AB, B, C), Übersteuerte Verstärkerklassen (A, D, F), Geschaltete Verstärkerklassen (D, E, F, S), Verbesserung des Wirkungsgrades und Linearisierung, Leistungsverstärkerarchitekturen, Bauelementetechnologien für Leistungsverstärker

Literatur:

- Steve C. Cripps: RF Power Amplifiers for Wireless Communications
Artech House Inc., 1999, ISBN 0-89006-989-1

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Halbleiterbauelemente, Halbleitertechnologie, Grundlagen der Schaltungstechnik, Hardwarebeschreibungssprachen

Vermittlung von Faktenwissen - Inhaltskompetenz

Rechnergestützte Modellierung und Analyse von integrierten Schaltungen im Submikrometerbereich.

Entwurfs- und Testverfahren für komplexe System-On-Chip-Architekturen auf der Basis der Hardware-Beschreibungssprachen VHDL und System-C.

Auswirkung der Strukturverkleinerung auf das Bauelementeverhalten

Anwendung von dynamisch rekonfigurierbaren Rechnerarchitekturen

Wirkungsweise von Simulationsprogrammen beim Entwurf integrierter Schaltungen

Moderne analoge Schaltungstechniken

Feldstärkereduktion in mikroelektronischen Bauelementen

Gerätetechnische Anforderungen der Halbleitertechnologie

Vermittlung von methodischem Wissen – Methodenkompetenz

problemorientierte Auswahl geeigneter Simulatoren und Entwurfswerkzeuge

Auswahl und Entwicklung effizienter und kostengünstiger Testverfahren

Managementmethoden für den Entwurf komplexer SoC-Architekturen

Fähigkeit zur Prozessentwicklung

Vermittlung von Transferkompetenz

Analogien zwischen den MOS- und Bipolartechniken

Übertragung makroskopischer Systeme auf mikroskopische Abmessungen

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

problemorientierte Auswahl geeigneter Modelle zur Veranschaulichung und Simulation

Beurteilung logischer Wechselwirkungen zwischen komplexen Prozessteilen

Schlüsselqualifikationen

Beurteilung des eigenen Erkenntnisstandes, Formulieren von Fragen

kontinuierliches Arbeiten unter eigener Kontrolle des Erkenntnisfortschritts

Strategien des Wissenserwerbs: Kombination aus Vorlesung, Vor- und Nachbereitung am Vorlesungsmaterial, Präsenzübungen, Selbststudium

Präsentationskompetenz, Moderation, Teamfähigkeit

Methodische Umsetzung

Die Grundlagen und Konzepte werden im Rahmen einer Vorlesung eingeführt.

Übungen bieten Gelegenheit zur Erprobung der eigenen Kenntnisse und Fertigkeiten sowie zur Klärung offener Fragen. Musterlösungen werden unter Moderation und Mitwirkung von Studierenden an der Tafel erarbeitet. Weiterhin soll in den Übungen Gelegenheit geboten werden, mit entsprechender aktueller Software zu arbeiten.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

Vorlesung mit Folien oder Beamer, unterstützt durch farbigen Tafelanschrieb

Ausführliches Skript in Buchform einschließlich ausgewählter Übungsaufgaben

Übungen: Präsenzübungen, Erarbeitung der Musterlösungen unter Moderation und Mitwirkung von Studierenden an der Tafel, Rechnerübungen mit aktueller Software.

erwartete Aktivitäten der Studierenden: ca. 90-minütige Nachbereitung zu jeder Vorlesung, ca. 60-minütige Vorbereitung der Übungen, Mitarbeit bei Präsenzübungen, gegebenenfalls Nacharbeiten von Wissenslücken anhand der Literatur, gegebenenfalls Anfertigen einer Hausaufgabe.

Prüfungsmodalitäten

Mündliche Prüfungen

Katalogverantwortlicher

Rückert

III.2.5 Optoelektronik

Rolle des Katalogs im Masterstudiengang Elektrotechnik

Die *Optoelektronik* ist eine breite Querschnittstechnologie. Im Masterstudiengang Elektrotechnik umfasst sie Teilbereiche der Kommunikationstechnik, der Mikroelektronik, der Sensorik, erweitert die Feldtheorie und vertieft Teile der Physik.

Die Breitband-Datenübertragung über Lichtwellenleiter ist die Grundlage von Internet und Telefonnetz. In den vergangenen 30 Jahren ist das Produkt von Bitrate mal Übertragungsentfernung auf das etwa 10^6 -fache angestiegen. Halbleiterlaser, einmodige Lichtwellenleiter, optische Verstärker, Wellenlängenmultiplex und Dispersionskompensation lauteten und lauten die Stichworte dieser fulminanten technischen Entwicklung. Ein gewisser gegenwärtiger Schwerpunkt sind fortschrittliche, auch mehrstufige Modulationsverfahren und die Kompensation von Verzerrungen der Lichtwellenleiter. Nach Überhitzungseffekten um die Jahrtausendwende wird für die kommenden Jahre eine jährliche Verdopplung des kommerziellen Datenvolumens und somit ein solides Wachstum der Branche prognostiziert.

Optische Messsysteme finden vielfältigen Einsatz in der industriellen Prozessüberwachung. In der Sensorik ermöglicht die Integrierte Optik über Interferometrie das präzise Messen verschiedenster Größen mit hervorragender Auflösung. Gleichzeitig werden optische Analyse-

verfahren zur empfindlichen Materialanalyse, speziell in der Gasspektroskopie und der Flüssigkeitsanalyse eingesetzt.

In diesem Umfeld soll der Katalog *Optoelektronik* ein modernes Lehrangebot sicherstellen, das in der Praxis sofort anwendbar ist, dessen Grundlagen aber auf Jahrzehnte aktuell bleiben werden.

Inhaltliche Gliederung des Katalogs

Der Katalog *Optoelektronik* besteht aus den folgenden Lehrveranstaltungen:

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Hochfrequenzelektronik	Thiede	2V, 2Ü	6	jedes WS
Integriert-optische Sensoren	Hilleringmann	2V, 2Ü	6	jedes SS
Optische Nachrichtentechnik A	Noé	2V, 2Ü	6	jedes WS
Optische Nachrichtentechnik B	Noé	2V, 2Ü	6	jedes SS
Optische Nachrichtentechnik C	Noé	2V, 2Ü	6	jedes WS
Optische Nachrichtentechnik D	Noé	2V, 2Ü	6	jedes SS

Die Veranstaltung *Hochfrequenzelektronik* behandelt technologische, bauelementephysikalische, schaltungstechnische und systemtechnische Grundlagen integrierter Schaltkreise der Höchsthochfrequenzelektronik für insbesondere optoelektronische und hochfrequenztechnische Anwendungen. Der Inhalt gliedert sich wie folgt: Materialeigenschaften, Technologie, MESFET, HEMT, HBT, Smith-Diagramm, Anpassung, Gewinn, Rauschen, Stabilität, Schmalbandverstärker, Wanderwellenverstärker, Transimpedanzverstärker, begrenzte Verstärker, Oszillatoren, Mischer, digitale Grundschaltungen, Frequenzteiler, Multiplexer, Demultiplexer, optoelektronische Sender, optoelektronische Empfänger, Taktrückgewinnung, Datenentscheider, ADC, Sigma-Delta-Converter, Parallelwandler, Abtastschaltungen, DAC, digitale Frequenzgeneratoren, PLL, Millimeterwellenempfänger, KfZ-Abstandswarnradar, Aufbau- und Verbindungstechnik.

Literatur:

- Thiede, "High-Frequency Electronics", Vorlesungsskript Universität Paderborn
- S. M. Sze, "Physics of Semiconductor Devices", John Wiley & Sons, 981, (41 UIU 1563)
- S. M. Sze: "High Speed Semiconductor Devices", John Wiley & Sons, 1990
- L. J. Herbst, "Integrated Circuit Engineering", Oxford University Press, 1996

Die Veranstaltung *Integriert-optische Sensoren* behandelt optische Messmethoden zur Erfassung von Umweltgrößen. Nach den Grundlagen der Wellenleitung in integrierten Lichtwellenleitern werden extrinsische und intrinsische Sensoren behandelt, u. a. Sensoren zur Füllstandsmessung, Abstandsbestimmung, Temperaturerfassung, Polarisationsbestimmung, Gas-

analyse und mechanische Kraftmessung. Es schließen sich Sensoren auf der Basis von Interferometern in Mach-Zehnder-, Michelson-, Fabry-Perot- und Sagnac-Bauform an.

Die Veranstaltungen *Optische Nachrichtentechnik A bis D* geben einen umfassenden Einblick in die moderne optische Informationsübertragung, auf der Internet und Telefonnetz weitgehend beruhen. In ihrer Gesamtheit vermitteln diese Veranstaltungen eine äußerst fundierte Hardware-Entwicklungskompetenz für ultra-breitbandige Kommunikationssysteme – jeder Lichtwellenleiter ist rund 1000mal so breitbandig wie die leistungsfähigsten Satelliten im Mikrowellenbereich. Die optische Nachrichtenübertragung selbst wird durch den Wellenaspekt der elektromagnetischen Strahlung beschrieben. Emission, Verstärkung, ggf. Umwandlung und Absorption von Photonen werden dagegen durch den Teilchenaspekt beschrieben. Aus diesem Dualismus und Grundkenntnissen in Nachrichtentechnik und Elektronik wird das Verständnis optischer Datenübertragungsstrecken entwickelt. Besondere Bedeutung haben Wellenlängenmultiplexsysteme mit hoher Kapazität – möglich sind >10 Tbit/s oder transozeanische Streckenlängen. Die Untertitel und gegenwärtigen Schwerpunkte der einzelnen Veranstaltungen sind im Folgenden aufgeführt.

A Grundlagen: Wellenausbreitung, Polarisation, Wellenleiter, Dispersion, Laser, Photodioden, optische Verstärker, Modulatoren, Signalformate, optische Empfänger, Regeneratoren, Rauschen in Systemen mit optischen Verstärkern, Wellenlängenmultiplex. Hier werden die wichtigsten Zusammenhänge vermittelt. Anschließend kann jede der Veranstaltungen B bis D gehört werden, denn diese bauen relativ wenig aufeinander auf.

B Modenkopplung: Polarisationsmodendispersion, Modenorthogonalität, konstante und periodische, ko- und kontradirektionale Modenkopplung, Profile differenzieller Gruppenlaufzeit, Dispersionskompensation. Die Funktion vieler passiver und aktiver optischer Elemente lässt sich durch Modenkopplung erklären.

C Modulationsverfahren: Datenübertragung mit differenzieller Phasenumtastung und optischen Verstärkern, Polarisationsmultiplex, kohärente optische Datenübertragung, Synchrondemodulation, Asynchrondemodulation, kohärente Basisbandempfänger, Polarisationsdiversität, elektronische Polarisationregelung, Phasenrauschen. Fortschrittliche Modulationsverfahren sind eine wichtige Möglichkeit zur Weiterentwicklung leistungsfähiger optischer Nachrichtenübertragungssysteme.

D Ausgewählte Kapitel: Nichtlineare Verzerrungen in Lichtwellenleitern, elektronische Detektion linearer optischer Verzerrungen, Polarisationsverwürfelung, Nichtlineare Verzerrungen sind in der Praxis schwierig zu beherrschen und haben daher besondere Bedeutung. Die Studenten bereiten außerdem in der Regel ein Thema ihrer Wahl vor und tragen es in einem Referat vor.

Eine Reihe von exquisiten Praktikumsversuchen, z.B. die optische Datenübertragung mit 10 Gbit/s, können ebenfalls absolviert werden.

Inhaltliche Verwertbarkeit

Künftigen Ingenieurinnen und Ingenieuren der Elektrotechnik eröffnen sich nach erfolgreichem Studium des Katalogs breite Betätigungsfelder mit enormer fachlicher Tiefe. Die vermittelten Theorien und Methoden der Feldtheorie, Wellen-Teilchen-Dualismus, Statistik, höchstfrequenten Mikroelektronik und integrierten Optik machen die Absolventen einerseits zu gefragten Spezialisten, liefern aber auch das Rüstzeug für Arbeiten in vielen verwandten Gebieten, z.B. der Nachrichtentechnik, allgemeinen Mikroelektronik und Sensorik. Die vertieft behandelten Methoden zur Berechnung elektromagnetischer Felder befähigen den Absolventen, auch komplexe Systeme hinsichtlich ihres elektromagnetisch verträglichen Betrie-

bes zu beurteilen und die Übertragungseigenschaften spezieller optischer Wellenleiter und Mikrowellenleitungsstrukturen zu analysieren.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Erfolgreicher Abschluss eines einschlägigen Bachelorstudiums

Lernziele der Veranstaltungen

Systematische Einführung in grundlegende Konzepte und Methoden der Optoelektronik, optischen Nachrichtenübertragung, Hochfrequenzelektronik, optischen Wellenleiterberechnung, integrierten Optik und Sensorik

Verständnis wichtiger Theorien und Methoden für den Entwurf und die Entwicklung optoelektronischer Systeme

Kennenlernen wichtiger Komponenten technischer optoelektronischer Systeme (z.B. Laser, optische Modulatoren, Lichtwellenleiter, optische Verstärker, passive optische Bauelemente, Photodioden, Regeneratoren und ihre Schaltungstechnik, integriert-optische Sensoren), ihre Entwicklung und ihr Betrieb

Vermittlung von Faktenwissen (Inhaltskompetenz)

Grundlegende Kenntnisse über Komponenten und Systeme der Optoelektronik werden benötigt, um diese mit ingenieurwissenschaftlichen Methoden zu simulieren, zu entwerfen, zu realisieren und erfolgreich in Betrieb zu nehmen.

Einschlägige Veranstaltungen vermitteln diese grundlegenden Kenntnisse.

Die Studierenden sollen in der Lage sein, die im Bereich der Optoelektronik anfallenden Tätigkeiten von Ingenieurinnen und Ingenieuren sachgerecht zu spezifizieren und durchzuführen.

Vermittlung von Methodenwissen (Methodenkompetenz)

Methodenkompetenz wird u. a. in den folgenden Bereichen vermittelt: Numerische Feldberechnungsmethoden, Simulation linearer und nichtlinearer Systeme im Bereich der Optik und der Elektronik, Beschreibung und Manipulation statistischer Signale, Technologie integriert-optischer Sensoren.

Vermittlung von Transferkompetenz

Bauelemente und Systeme der Optoelektronik treten in einer Vielzahl von Anwendungsgebieten auf. Ihre Entwicklung erfordert teilweise Wissen aus mehreren Spezialgebieten. Dieses sich aktiv anzueignen fördert bei den Studierenden die Fähigkeit, auch in anderen interdisziplinären Gebieten das Wesentliche zu erfassen und zu erarbeiten.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Die Studierenden sollen die Fähigkeit erlangen, die Funktion und das Verhalten komplexer technischer Systeme und deren Einbindung in das gesellschaftliche Umfeld unter ethischen Gesichtspunkten zu durchschauen und kritisch zu bewerten.

Schlüsselqualifikationen

Souveräner Umgang mit dem vermittelten Theorie- und Methodenschatz

Fähigkeit des Recherchierens und der Bewertung von (englischsprachiger) Fachliteratur
Erkenntnis der Bedeutung von Teamleistung

Methodische Umsetzung

Die jeweiligen theoretischen Grundlagen werden in Vorlesungen vermittelt.

Übungen bieten Gelegenheit zur Einbringung eigener Kenntnisse und Fähigkeiten sowie zur Klärung offener Fragen.

Sozialformen und didaktisch-methodische Arbeitsweisen werden in einem kontinuierlichen interaktiven Entwicklungsprozess während der Lehrveranstaltung unter aktiver Beteiligung der Studierenden ständig weiterentwickelt mit dem Ziel, bei durchgängiger Orientierung an konkreten Problemen den Aktivitätsanteil der Studierenden zu steigern und dadurch die Konkretisierung theoretisch-mathematischer Konzepte kontinuierlich in Selbststudienphasen zu überführen

Organisationsform, Medieneinsatz, Literaturangaben

Die Veranstaltungen werden in der Regel als zweistündige Vorlesung, ergänzt um eine zweistündige Übung, durchgeführt. Im Übungsbereich sollen teilweise virtuelle Lernumgebungen eingesetzt werden. Seminare sind in Vorbereitung. Die Veranstaltungen werden durch Praktika und Projektarbeiten außerhalb des Katalogs vertieft.

Die Vorlesungen werden mit Tafelinsatz und mit dem Einsatz elektronischer Medien realisiert.

Die Übungen werden zum Teil in theoretischer Form, zum Teil am Rechner bzw. am Gerät im Labor durchgeführt.

Skripte, Übungsblätter und Musterlösungen werden den Studierenden rechtzeitig zur Verfügung gestellt.

Weiterführende Literatur wird zu Beginn der jeweiligen Veranstaltung bekannt gegeben.

Von den Studenten wird das Studium der angegebenen Literatur und der Besuch der Sprechstunden der Hochschullehrer und wissenschaftlichen Mitarbeiter erwartet.

Prüfungsmodalitäten

Mündliche Prüfungen.

Katalogverantwortlicher

Noé

III.2.6 Prozessdynamik

Rolle des Katalogs im Masterstudiengang Elektrotechnik

Das Modul Prozessdynamik bietet im Rahmen der automatisierungstechnischen Lehre eine Spezialisierung, die ausgerichtet ist auf die Erstellung von mathematischen Modellen für dynamische Prozesse und die Entwicklung und den Einsatz von Methoden sowohl für die Analyse der Dynamik als auch für den Entwurf von Regelungen; besonderes Gewicht wird dabei auf rechnergestützte Verfahren gelegt. Aufgrund der Bedeutung einer repräsentativen Infor-

mationsgewinnung für die Beherrschung dynamischer Prozesse werden spezielle Messmethoden (akustische und optische) zur Bestimmung physikalischer und technischer Prozessgrößen sowie die Anwendung stochastischer Methoden zur Charakterisierung von Prozessinformationen behandelt.

Inhaltliche Gliederung des Katalogs

Der Katalog *Prozessdynamik* besteht aus den folgenden Lehrveranstaltungen:

Veranstaltung	Dozent	Umfang und Form	Leistungspunkte	Häufigkeit des Angebots
Regelungstechnik B	N.N.	2V, 2Ü	6	jedes SS
Systeme mit örtlich verteilten Parametern	N.N. / Panreck	2V, 2Ü	6	jedes WS
Identifikation dynamischer Systeme	Reißenweber	2V, 2Ü	6	jedes SS
Regelungstheorie - Nichtlineare Regelungen	Gausch	2V, 2Ü	6	jedes SS
Systemtheorie - Nichtlineare Systeme	Gausch	2V, 2Ü	6	jedes SS
Mechatronik und elektrische Antriebe	Böcker	2V, 2Ü	6	jedes SS
Prozessmesstechnik / Fertigungsmesstechnik	Henning	2V, 2Ü	6	jedes SS
Optische Messverfahren	Henning / Wetzlar	2V, 2Ü	6	jedes SS
Rechnergest. Modellbildung mit objektorientierten Methoden	N.N. / Panreck	2V, 2Ü	6	jedes SS
Digitale Regelung	Gausch	2V, 2Ü	6	jedes WS
Optimale Systeme / Deskriptorsysteme	Gausch	2V, 2Ü	6	jedes WS
Robuste und adaptive Regelung von Industrierobotern	Gausch / Holtgrewe	2V, 2Ü	6	jedes WS
Geregelte Drehstromantriebe	Böcker	2V, 2Ü	6	jedes WS
Prozessdatenverarbeitung	Reißenweber	2V, 2Ü	6	jedes WS
Ultraschallmesstechnik	Henning	2V, 2Ü	6	jedes WS
Mikrosensorik	Hilleringmann	2V, 2Ü	6	jedes WS

Die Vorlesung *Regelungstechnik B* führt die in der Vorlesung *Regelungstechnik A* des Bachelor-Studiums begonnene Behandlung der linearen Regelungen fort; behandelt werden einschleifige Regelkreise mit erweiterter Struktur (Störgrößenaufschaltung, Vorsteuerung), mehrschleifige Regelungen (Kaskadenregelungen), Zustandsregelungen und Mehrgrößenregelungen. Der zweite Teil befasst sich mit der mathematischen Modellierung und Analyse nichtlinearer Prozesse sowie dem Entwurf nichtlinearer Regelungen mittels der Methode der Beschreibungsfunktion.

Die Lehrveranstaltung *Digitale Regelungen* vermittelt Methoden zur Beschreibung, zur Analyse und zum Entwurf von linearen zeitdiskreten Systemen mit den Schwerpunkten:

Digitale Regelkreise und ihre mathematische Beschreibung; Analyse des dynamischen Verhaltens von zeitdiskreten Systemen über Eigenbewegungen und erzwungene Bewegungen; Eingangs- Ausgangsbeschreibung mit Hilfe von Übertragungsfunktionen und Frequenzgang von zeitdiskreten Systemen; Entwurf von digitalen Regelkreisen und algorithmische Realisierung von Reglerübertragungsfunktionen.

In der Lehrveranstaltung *Robuste und adaptive Regelung von Industrierobotern* werden grundlegende Kenntnisse auf dem Gebiet der Regelung von Robotern vermittelt. Gegliedert ist sie in zwei Teile. Der erste Teil besteht aus Vorlesungen, in denen die theoretischen Grundlagen vermittelt werden, die es den Teilnehmern erlauben, einschlägige Fachliteratur zu verstehen und sich selbständig neues Wissen auf dem Gebiet der Regelung von Industrierobotern anzueignen. Der zweite Teil der Lehrveranstaltung besitzt die Form eines Seminars. Die Teilnehmer erhalten Gelegenheit, sich in einen Fachaufsatz (regular paper) einzuarbeiten, und werden ermuntert, dessen Inhalt dem Kurs vorzutragen.

Inhalt der Lehrveranstaltung *Systeme mit örtlich verteilten Parametern*: Einführungsbeispiel, Charakterisierung verteiltparametrischer Systeme, Klassifizierung partieller Differenzialgleichungen und Randbedingungen, Grundlagen der Modellbildung, Linearisierungs- und Reduktionsverfahren, Methoden zur Ortsdiskretisierung partieller Differenzialgleichungen, Lösungs- und Analysemethoden, Regelung örtlich verteilter Systeme.

Inhalt der Lehrveranstaltung *Rechnergestützte Modellbildung mit objektorientierten Methoden*: Gründe für eine rechnergestützte Modellbildung, Stand der rechnergestützten Modellbildung, Darstellungsformen von Modellen für physikalische Systeme, Grundlagen der Objektorientierung, Strukturierungskonzepte, Methodik objektorientierter Modellbildung, Beschreibung und Verarbeitung objektorientierter Deskriptormodelle, Einführung in die objektorientierte Modellierungssprache MODELICA.

Inhalt der Lehrveranstaltung *Identifikation dynamischer Systeme*: Nach grundlegenden Überlegungen, insbesondere zu Modellstrukturen bei der Identifikation und zur Identifizierbarkeit, und einigen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie werden verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Parameter dynamischer Systeme aus gemessenen Ein- und Ausgangsgrößen des Systems behandelt. Es sind dies vor allem die Methode der kleinsten Quadrate, Korrelationsverfahren und die Maximum-Likelihood-Schätzung.

Die Lehrveranstaltung *Regelungstheorie – Nichtlineare Regelungen* vermittelt differentialgeometrische Methoden für die exakte Linearisierung und Entkopplung des Eingangs-Ausgangsverhaltens von nichtlinearen Mehrgrößensystemen und die Anwendung dieser Methoden am Beispiel des Entwurfs und der Realisierung einer Mengen- und Feuchteregelung für eine Gasmischanlage.

Die Lehrveranstaltung *Systemtheorie – Nichtlineare Systeme* vermittelt die Methoden zur Stabilitätsuntersuchung in nichtlinearen dynamischen Systemen im Rahmen der Ljapunovschen

Stabilitätstheorie und zeigt die Anwendung dieser Methoden über die Stabilitätsanalyse hinaus für den Entwurf von Rückkopplungen.

Die Lehrveranstaltung *Optimale Systeme/ Deskriptorsysteme* vermittelt entweder nach einer Einführung in die Grundlagen der Variationsrechnung Methoden zum Entwurf optimaler Steuerungen für nichtlineare Prozesse oder sie beschäftigt sich mit grundlegenden Methoden zur Analyse und Synthese linearer und nichtlinearer Deskriptorsysteme insbesondere mit Blick auf den Entwurf von Regelungen für diese Klasse von Systemen, die überwiegend durch Verkopplung von Teilsystemen zu einem komplexen Gesamtsystem entsteht.

Inhalt der Lehrveranstaltung *Mechatronik und elektrische Antriebe*: Einführung und Definition mechatronischer Systeme (Mechanik, Elektrotechnik, Informationstechnik); Grundstruktur mechatronischer Systeme (Energie-, Material-, Informationsflüsse, Regelkreis); Berechnung von magnetischen Kreisen, (Felder, Reluktanz, Induktivität, Fluss, Durchflutung); Ferromagnetische Materialien (Magnetisierungskennlinie, Hysterese, Magnetisierungsverluste); Permanentmagnetmaterialien (reversible und irreversible Entmagnetisierung); Modellierung über Energieprinzipien (innere Energie, Ergänzungsenergie, Lagrangesche und Hamiltonsche Gleichungen); Modellierung und Regelung eines mechatronischen Systems am Beispiel eines Magnetlagers; Switched-Reluctance-Motor, Gleichstrommotor, Brushless-DC-Motor (Eigenschaften, Aufbau, Modellbildung, Leistungselektronik, Regelung).

Literatur:

- J. Böcker: Beiblätter zur Vorlesung Mechatronik und elektrische Antriebe <http://wwwlea.upb.de>
- R. Isermann: Mechatronische Systeme Springer Verlag, 1999 D. K. Miu: Mechatronics - Electromechanics and Contromechanics Springer-Verlag, 993
- T. J. E. Miller Brushless: Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives Oxford Science Publications, 1989

Inhalt der Lehrveranstaltung *Geregelte Drehstromantriebe*: Drehstrommaschinen: Synchronmotor und Asynchronmotor (Aufbau, Wirkungsweisen, Modellierung, Ersatzschaltbilder, Kennlinien, Arbeitsbereiche); Drehmoment und Drehzahl-Steuerung; Raumzeigertheorie (Grundwellenfelder, Koordinatentransformationen); Prinzipien der flussorientierten Regelung für Drehstrommaschinen; Strom-, Drehmoment- und Drehzahl-Regelung, Entwurfsmethoden, Direct Torque Control (DTC), Beobachter; Antriebe in mechatronischen Systemen: aktive Schwingungstilgung, (Regelungsmethoden und -strukturen).

Literatur:

- J. Böcker: Vorlesungsskript: Mechatronik und elektrische Antriebe, Beiblätter zur Vorlesung, <http://wwwlea.upb.de>
- John Chiasson: Modeling and High-Performance Control of Electric Machines Wiley, 2005
- Werner Leonhard: Control of Electrical Drives Springer, 3rd edition, 2001
- Rudolf Richter: Elektrische Maschinen I Birkhäuser Verlag, 3. Auflage, 1967

Inhalt der Lehrveranstaltung *Prozessdatenverarbeitung*: Bei der Datenverarbeitung in Verbindung mit einem (technischen) Prozess muss Echtzeitfähigkeit garantiert werden. Die bewährten Methoden werden behandelt, nämlich einerseits die prinzipiellen Techniken bei echtzeitfähigen Multitaskingsystemen und andererseits die Vorgehensweise bei der SPS zusammen

mit ihrer Programmierung in der auf Petri-Netzen basierenden Ablaufsprache nach IEC 61131. Ein zweites Thema ist die echtzeitfähige Vernetzung verteilter Automatisierungssysteme mit Feldbussen.

Die Lehrveranstaltung *Prozessmesstechnik / Fertigungsmesstechnik* hat die problemorientierte Behandlung ausgewählter messtechnischer Aufgabenstellungen zum Inhalt. Das Messproblem wird sowohl aus wissenschaftlich-theoretischer Sicht (Modellbildung, Simulation als auch experimentell untersucht. Nachdem in den vorangegangenen Lehrveranstaltungen viele Wissens Elemente zur Mess- und Sensortechnik vermittelt worden sind, geht es hier aus inhaltlicher und methodischer Sicht um die Erarbeitung und Beurteilung geeigneter Lösungsansätze und -strategien. Anwendungstechnische Vor- und Nachteile werden konkret analysiert und die Ergebnisse hinsichtlich ihrer Repräsentativität kritisch bewertet.

Literatur:

- Henning.: Vorlesungsskript "Prozessmesstechnik / Fertigungsmesstechnik"
- Gevatter: Handbuch der Mess- und Automatisierungstechnik, Springer Verlag 1998
- Profos, Pfeifer: Handbuch der industriellen Messtechnik, 5. Aufl., Oldenburg-Verlag, 1992
- Gundelach, Litz: Moderne Prozessmesstechnik, Springer Verlag 1999
- Pfeiffer: Fertigungsmesstechnik, Oldenburg-Verlag, 2001

Die Lehrveranstaltung *Ultraschallmesstechnik* beschäftigt sich mit den Phänomenen der Ausbreitung mechanischer Wellen in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen. Darauf aufbauend werden die wichtigsten akustischen Messprinzipien zur Bestimmung akustischer Stoffkenngrößen, geometrischer und technischer Prozessgrößen (Abstand, Durchfluss, Füllstand...) sowie deren Anwendung in der Prozess- und Fertigungstechnik beschrieben. An Hand repräsentativer Beispiele wird die Anwendung von Schall und Ultraschall für die zerstörungsfreie Werkstoffdiagnostik sowie für die Ultraschall-Tomografie behandelt.

Literatur:

- Henning: Vorlesungsskript "Ultraschallmesstechnik"
- Papadakis: Ultrasonic Instruments & Devices, Academic Press, 1999
- Krautkrämer: Werkstoffprüfung mit Ultraschall. Springer Verlag 1986
- Sutilov: Physik des Ultraschalls, Akademie-Verlag, 1984
- Bergmann: Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik, S. Hirzel Verlag, 1954

Die Lehrveranstaltung *Optische Messverfahren* behandelt in Hinblick auf prozesstechnische Applikationen die Grundelemente optischer Messeinrichtungen. Besonderer Wert wird auf die realen Eigenschaften der Komponenten gelegt. Ein breites Anwendungsfeld berührungsloser Messverfahren, wie z. B. Laser-Doppler-Anemometrie zur Geschwindigkeits- und Schwingungsmessung, Speckle-Interferometrie zur Analyse rauher Oberflächen, FTIR- und konventionelle spektroskopische Verfahren zur Analyse der spektralen Transmission und Reflexion sowie NIR-Materialfeuchtemessung werden behandelt.

Literatur:

- Donges, A. ; Noll, R.: Lasermeßtechnik - Grundlagen und Anwendungen. Heidelberg: Hüthig 1993
- Schröder, G.: Technische Optik. 3. Auflage. Vogel-Verlag Würzburg 1980
- Stahl, K. ; Miosga, G.: Infrarottechnik. 2. Auflage. Heidelberg : Hüthig 1986
- Schuster, N. ; Kolobrodov, V. G.; Infrarotthermographie. Berlin : Wiley-VHC 2000
- Wetzlar: Arbeitsunterlagen "Optische Messverfahren"

Die Lehrveranstaltung *Mikrosensorik* beschreibt Sensoren zur Erfassung von Umweltgrößen und Modelle zur Beschreibung ihrer charakteristischen Kennlinien. Dabei werden berührende und berührungslose Signalaufnehmer besprochen und hinsichtlich Empfindlichkeit, Ansprechgeschwindigkeit und Dynamikbereich vergleichend diskutiert. Wesentliche Inhalte der Vorlesung sind Sensoren für die Temperatur- und Feuchteerfassung sowie Magnetfeld-, Beschleunigungs- und Kraftsensoren.

Inhaltliche Verwendbarkeit

Das Modul vermittelt mit seinen Veranstaltungen Kenntnisse und Fähigkeiten, deren Anwendung nicht auf die Elektrotechnik und Informationstechnik beschränkt ist. Vielmehr ist das Anwendungsfeld wegen der abstrahierenden Methodik beinahe unbegrenzt: Es reicht in der Verfahrens- und Fertigungstechnik von traditionellen industriellen Produktionsprozessen bis zu modernen robotergeführten Fertigungsprozessen, in der Verkehrstechnik von der Luft- und Raumfahrt bis zur Bahn- und Kraftfahrzeugtechnik, es umfasst den Bereich des höchst anspruchsvollen automatisierten Betriebes von empfindlichen medizintechnischen Geräten ebenso wie etwa den Bereich autonomer, mobiler Assistenzsysteme. Die bloß beschreibende und analysierende Komponente des Moduls Prozessdynamik – also die Methoden der Modellbildung und Analyse – findet zunehmend Anwendungsfelder im nichttechnischen Bereich z. B. im Zusammenhang mit biologischen Prozessen und dort im besonderen in der Sportmedizin.

Voraussetzungen und Vorkenntnisse

Vorkenntnisse in den mathematischen, technisch-physikalischen, elektrotechnischen, signal- und systemtheoretischen Grundlagen, wie sie in einem einschlägigen Bachelor-Studium vermittelt werden.

Lernziele der Veranstaltung

Die Studierenden sollen mit der Beschreibung, der Analyse und dem Entwurf von Prozessen aus den verschiedenartigsten Disziplinen mit Hilfe von abstrahierenden, also von der konkreten Realisierung wegstrebenden, analytischen und rechnergestützten Methoden vertraut gemacht werden und erforderlichenfalls in der Lage sein, zur Lösung von neuartigen Automatisierungstechnischen Aufgaben geeignete Methoden zu entwickeln.

Vermittlung von Faktenwissen und methodischem Wissen – Inhaltskompetenz und Methodenkompetenz

Es werden analytische und rechnergestützte Methoden zur mathematischen Beschreibung, zur Analyse und zum Entwurf von zeitkontinuierlichen und vor allem von zeitdiskreten dynamischen Systemen im Rahmen von Zustandsmodellen und Übertragungsfunktionen vermittelt.

Vermittlung von Transferkompetenz

Die zur Beschreibung, zur Analyse und zum Entwurf von dynamischen Systemen vermittelten Methoden sind abstrakt, also vom konkreten Ursprung losgelöst und damit auch in anderen technischen und nichttechnischen Disziplinen einsetzbar.

Vermittlung von normativ-bewertender Kompetenz

Die Studierenden sollen in der Lage sein, die für die Bearbeitung einer konkreten automatisierungstechnischen Aufgabenstellung geeigneten Methoden auszuwählen bzw. zu entwickeln und die den einzelnen Methoden anhaftenden Grenzen ihrer Anwendbarkeit zu erkennen.

Schlüsselqualifikationen

Die für das Berufsleben von Akademikern zunehmend wichtige Fähigkeit, sich selbst weiterzubilden, soll bei den Studierenden durch eine abstrakte und präzise Behandlung der fachwissenschaftlichen Inhalte gefördert werden.

Organisationsformen / Medieneinsatz / Literaturangaben

- Vorlesungen mit überwiegender Tafelinsatz; vereinzelt Präsentation umfangreicher Zusammenhänge über Folien.
- Demonstration dynamischer Vorgänge an realen technischen Systemen.
- Bereitstellung eines Skriptes und Angaben über weiterführende Literatur.
- Präsenzübungen mit Übungsblättern und Demonstrationen am Rechner.

Prüfungsmodalitäten

Mündliche Prüfungen

Katalogverantwortlicher

Henning