

## Modulbeschreibung

# M.Sc. Embedded Systems Engineering PO24

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Aktive elektronische Implantate			
<b>Module title English</b>			
Active Electronic Implants			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Aktive elektronische Implantate			
<b>Course title English</b>			
Active Electronic Implants			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Seidl, Karsten	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		1
<b>Studienleistung</b>			
Klausur oder Mündliche Prüfung			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Bei dieser Lehrveranstaltung werden die aktuellen Herausforderungen und Trends bei der Entwicklung von aktiven Implantaten behandelt. D. h., beim System-Design spielen die Komponenten der Schaltungsentwicklung (CMOS-Schaltung, inkl. telemetrische Datenübertragung), der Sensorik (Mikro- und Nanosystemtechnik) und der Aufbau- und Verbindungstechnik (Verkapselung, Bio-Stabilität ...) eine entscheidende Rolle. Hierzu werden die Grundlagen bei der Schnittstelle zwischen der Elektronik und dem degenerierten Gewebe bzw. dem zu untersuchenden Objekt gegeben und die Technik der Neuromodulation vorgestellt. Also der elektrischen und optischen Informationsübertragung durch gezielte Pulse. Gleichzeitig wird die Technik der bidirektionalen Kommunikation vorgestellt, bei dem die elektrische Anregung in Kombination mit der simultanen Erfassung der Gewebe-Aktivitäten vollzogen wird. Insgesamt wird an diversen Fallbeispielen (Retina, Tiefenhirn, Cochlea, ...) der aktuelle Stand der Technik mit den zukünftigen Trends erläutert.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studenten sind fähig zu unterscheiden, welche Anforderungen und Konzepte zur Entwicklung eines Implantats für die unterschiedlichen Applikationen erforderlich sind. Sie erlernen, wie die Elektroden zur elektrischen Anregung und zur Erfassung von Gewebe-Aktivitäten dimensioniert werden und wie die CMOS-Schaltungen aussehen müssen. Sie verstehen die physikalischen Prozesse zur Interaktion mit dem Gewebe (Sensor-/Aktor-Prinzip).

<b>Description / Content English</b>
This course deals with the current challenges and trends in the development of active implants. This means that the components of circuit design (CMOS circuit, incl. telemetric data transmission), sensor technology (micro- and nanosystem technology) and assembly technology (encapsulation, bio-stability ...) play an important role in system design. For this purpose, the basics at the interface between the electronics and the degenerated tissue are given and the technique of neuromodulation is presented. In other words, the electrical and optical transmission of information is done with well-defined pulses. At the same time the technique of bidirectional communication is presented, in which the electrical excitation is performed in combination with the simultaneous recording of tissue activities. All in all, the current state of the art and future trends will be explained using various case studies (retina, deep brain, cochlea, ...).

### Learning objectives / skills English

The students are able to distinguish which requirements and concepts are necessary to develop an implant for the different applications. They will learn how to dimension the electrodes for electrical excitation and the detection of tissue activity and how the CMOS circuits must look like. They understand the physical processes involved in interaction with the tissue (sensor/actuator principle).

### Literatur

- P. Cong (ed.), Circuit Design Considerations for Implantable Devices, River Publishers, 2017
- E. Katz (ed.), Implantable Bioelectronics, Wiley, 2014
- R. Pethig (ed.), Introductory Bioelectronics, Wiley, 2013
- G.A. Urban (ed.), BioMEMS, Springer, 2006

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Automobilelektronik			
<b>Module title English</b>			
Automotive Electronics			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Automobilelektronik			
<b>Course title English</b>			
Automotive Electronics			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Pelz, Georg	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Elektronik spielt im Automobil heute schon eine überragende Rolle. Kaum eine Innovation der letzten 30 Jahre wäre ohne Elektronik vorstellbar. Mit den aufkommenden Hybrid- und Elektrofahrzeugen wird die Bedeutung der Automobilelektronik nochmals deutlich zulegen. Die Vorlesung illustriert dies anhand diverser Beispiele, wobei die vier großen Anwendungsfelder der Automobil-Elektronik (Antrieb, Sicherheit, Komfort und Infotainment) berücksichtigt werden. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den Hybrid- und Elektrofahrzeugen. Zusätzlich werden im Rahmen der Vorlesung die Kompetenzen angesprochen, die in den einzelnen Pflichtveranstaltungen des Moduls Elektrotechnik vermittelt werden. Weiterhin wird die Vorlesung diverse Schaltungs- und Systemkonzepte vorstellen, auf den Entwicklungsablauf und die zugehörige Methodik eingehen, die Abhängigkeiten von Elektronik, Mechanik und Software im Auto illustrieren, besonderen Wert auf die Randbedingungen des industriellen Umfeldes legen. Die Übung zur Vorlesung ist als Konzeptstudie ausgestaltet, und beschäftigt sich mit der Elektrifizierung des Antriebs eines klassischen Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden
<ul style="list-style-type: none"> <li>- kennen die grundlegenden Komponenten der automotiven Elektronik und die Architekturen der aus diesen Komponenten entwickelten Steuergeräte und Systeme.</li> <li>- verstehen die Automobilelektronik als Teil eines heterogenen Gesamtsystems mit einer Vielzahl von Domänen (Digitalelektronik, Analogelektronik, Software, Mechanik, Thermik, etc.)</li> <li>- gewinnen einen Überblick über die Strukturen der Automobilindustrie und die Formen der Kooperation entlang der Wertschöpfungskette.</li> </ul>

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

Electronics today already plays a major role in the automotive arena. Almost all innovations in the last 30 years depend on the availability of suitable electronics. With the upcoming hybrid and electric cars, the prevalence of electronics in cars will even rise. The lecture illustrates this through a plethora of examples, taking into account the four major application fields (propulsion, safety, comfort and infotainment). Here, a special focus is put on hybrid and electric cars. Moreover, the lecture shows a variety of circuit and systems concepts, covers the design flow and the underlying methodology, elaborates on the dependencies between electronics, mechanics and software, puts a special emphasis on how this works out in an industrial environment. The exercise is dealing with a concept study and covers the electrification of the drive train of a classical car with combustion engine.

### Learning objectives / skills English

The students

- know the basic components of automotive electronics and the architectures of the electronic control units and automotive systems built thereof
- understand the automotive electronics as a constituent of a heterogeneous system comprising multiple domains (digital electronics, analog electronics, software, mechanics, thermal etc.)
- get a general idea on the automotive industry and the forms of cooperation along the value chain.

### Literatur

- [1] Ronald K. Jurgen, Automotive Electronics Handbook, McGraw-Hill
- [2] Richard Stone, Jeffrey K. Bell, Automotive Engineering Fundamentals, SAE International
- [3] Bosch - Kraftfahrttechnischen Taschenbuch, Vieweg
- [4] Georg Pelz, Mechatronic Systems - Modelling and Simulations with HDLs, Wiley

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Bedeutung des Rauschens in der Kommunikationstechnik			
<b>Module title English</b>			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Bedeutung des Rauschens in der Kommunikationstechnik			
<b>Course title English</b>			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Jung, Peter	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Vorlesung gliedert sich in folgende Themen:
- Ausgewählte historische Meilensteine bei der Erforschung des Rauschens
- Rauschen als natürliches Phänomen (elektrische Schwankungerscheinungen; Ursache des thermischen Widerstandsräuschen; Reibung und Brownsche Bewegung der Elektrizität; Schrottrauschen)
- Thermodynamische Hintergründe (Wahrscheinlichkeitsrechnung; Entropie und ihr Maximum im thermodynamischen Gleichgewicht)
- Autokorrelationsfunktion und Satz von Wiener und Chintchin
- Einfluss der Dämpfung durch Reibung auf das Aussehen und die Lage einer Spektrallinie
- Zusammenhang zwischen Poissonverteilung und Exponentialverteilung
- Mathematische Beschreibung des thermischen Widerstandsräuschen (Drudesches Modell; Langevinsche Gleichung und „Bewegungsgleichung“ des elektrischen Stroms; Leiter als eindimensionaler schwarzer Strahler; Planck-Verteilung, Nullpunktsenergie und Satz von Nyquist; spektrale Störleistungsdichte bei Leistungsanpassung und „verfügbare“ Rauschleistung; mittelwertfreie Normalverteilung der Rauschamplitude; mittlere Gesamtrauschleistung)
- Thermisches Widerstandsräuschen in Schaltungen
- Messtechnische Erfassung des thermischen Widerstandsräuschen
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
1. Verständnis physikalischer Grundlagen des thermischen Widerstandsräuschen und des Schrottrauschen
2. Verständnis des Unterschiedes zwischen thermischen Rauschspannungen und deterministischen Spannungen in Schaltungen.

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

The lecture is divided into the following topics:

- Selected historical milestones.
- Noise as a natural phenomenon (electrical fluctuation phenomena; cause of thermal resistance noise; friction and Brownian motion of electricity; shot noise)
- Thermodynamic background (probability theory; entropy and its maximum at thermodynamic equilibrium)
- Autocorrelation function and the Wiener-Khintchine theorem
- Influence of friction/damping on shape and position of a spectral line
- Relationship between Poisson and exponential distributions
- Mathematical description of thermal resistance noise (Drude's model; Langevin's equation and „equation of motion“ of electric current; conductor as one-dimensional black body; Planck's distribution, zero-point energy and Nyquist's theorem; spectral noise power density with power matching and „available“ noise power; zero-mean Gaussian distribution of noise amplitude; total mean noise power)
- Thermal resistance noise in circuits
- Thermal resistance noise measurements

### Learning objectives / skills English

1. Understanding of the physical principles of thermal resistance noise and shot noise
2. Understanding the difference between thermal noise voltages and deterministic voltages in circuits

### Literatur

Jungfleisch, A.: Ursache und mathematische Beschreibung des thermischen Widerstandsrauschens. Düren: Shaker, 2022 (ISBN 978-3-8440-8726-0).

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>	
Computational Electromagnetics 1	
<b>Module title English</b>	
Computational Electromagnetics 1	
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>	
<b>Computational Electromagnetics 1</b>	
<b>Course title English</b>	
Computational Electromagnetics 1	
<b>Verantwortung</b>	
Rennings, Andreas	
<b>Lehreinheit</b>	
ET	
<b>Kreditpunkte</b>	
5	
<b>Turnus</b>	
WiSe	
<b>Sprache</b>	
D/E	
<b>SWS Vorlesung</b>	
2	
<b>SWS Übung</b>	
1	
<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	
1	
<b>SWS Seminar</b>	
<b>Studienleistung</b>	
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum	
<b>Prüfungsleistung</b>	
Mündliche Prüfung	
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>	

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die computerorientierte Lösung der Maxwell-Gleichungen spielt eine immer wichtigere Rolle. Die sukzessiven Verbesserungen, sowohl in der Computertechnologie als auch bei den numerischen Algorithmen selbst, tragen dazu bei, dass heutzutage sehr viele Elektromagnetik-Probleme aus der Praxis gelöst werden können. Die „virtuelle Optimierung“ mit Hilfe eines Computers ist sehr viel kostengünstiger und effizienter als das traditionelle Vorgehen mittels Bau und Prüfung von Prototypen-Reihen. Die möglichen Einsatzbereiche finden sich in diversen Sparten der Elektrotechnik: Etwa bei Wirbelstromproblemen in elektrischen Maschinen, Hochfrequenz-Schaltungen und -Antennen, optischen Komponenten, Radarsystemen, Streuungsproblemen und der elektromagnetischen Kompatibilität, um nur einige Anwendungsbeispiele zu nennen. Der Kurs Computational Electromagnetics 1 (CEM-1) hat zwei wesentliche Ziele:
1. Die Vermittlung von Grundkenntnissen über die drei wichtigsten Methoden zur numerischen Lösung von elektromagnetischen Feldproblemen, namentlich die Finite-Differenzen Methode (FDM, auch FDTD = Finite-Difference Time-Domain), die Finite-Elemente Methode (FEM) und die Momenten-Methode (MoM, auch BEM = Boundary Element Method).
2. Die „sichere“ und effiziente Benutzung von (kommerziellen) Simulations-Werkzeugen auf Basis der o.g. numerischen Methoden, namentlich die Software EMPIRE XPU® von der IMST GmbH, das open-source FDTD Programm openEMS, die beiden FEM-solver COMSOL Multiphysics™ und ANSYS HFSS, sowie das MoM-basierte tool FEKO™ von Altair Engineering. Die entsprechenden Kenntnisse werden durch das selbstständige Durcharbeiten von sog. Tutorials (Übungen am PC) unter fachkundiger Anleitung vertieft.
Die Kurs-TeilnehmerInnen sind abschließend in der Lage, die geeignete Software (das geeignete numerische Verfahren) für „ihr“ Elektromagnetik-Problem auszuwählen und diese effizient und „sicher“ anzuwenden.

<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind abschließend in der Lage die geeignete Software (das geeignete numerische Verfahren) für „ihr“ Elektromagnetik-Problem auszuwählen und diese effizient und „sicher“ zu benutzen.

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

The computer-based solution of Maxwell's equations plays an increasingly important role. Due to the successive improvements in the computer technology and the numerical algorithms themselves a lot of practical electromagnetic problems can be solved nowadays.

The „virtual optimization“ using a computer is much more cost effective and efficient than the traditional approach based on building and testing of prototypes-series.

The possible application areas can be found in various sectors of electrical engineering, e.g., eddy current problems in electrical machines, high-frequency circuits and antennas, optical components, radar systems, scattering problems and electromagnetic compatibility, to name just a few.

The course Computational Electromagnetics 1 (CEM-1) has two main objectives:

1. To teach the basic knowledge about the three main methods for the numerical solution of electromagnetic field problems, including the finite difference method (FDM, also FDTD = Finite-Difference Time-Domain), the Finite Element Method (FEM) and the Method of Moments (MoM, also BEM = Boundary Element Method).

2. The „safe“ and efficient use of (commercial) simulation tools based on the above-mentioned numerical methods, especially the software EMPIRE XPU™ by IMST GmbH, the open-source FDTD Program openEMS, the two FEM solver COMSOL Multiphysics™ and ANSYS HFSS, and the MoM-based tool FEKO™ of Altair Engineering. The corresponding knowledge is deepened by working through so-called software tutorials (exercises on the PC) under expert guidance.

The course participants are finally able to select the most appropriate software (the most suitable numerical methods) for „their“ electromagnetic field problem and use the corresponding tool efficiently and „safely“.

### **Learning objectives / skills English**

Students are finally in a position to select the most appropriate software (the most suitable numerical method) for „their“ electromagnetic problem and to use the tool in an efficient and „safe“ manner.

### **Literatur**

[FDTD] Allen Taflove, Susan C. Hagness, Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method. Norwood: Artech House, 2005.

[FEM] Jianming Jin, The Finite Element Method in Electromagnetics. New York: John Wiley & Sons, 2002.

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Digitale Schaltungstechnik			
<b>Module title English</b>			
Digital Circuit Technology			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Digitale Schaltungstechnik			
<b>Course title English</b>			
Digital Circuit Technology			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Grabmaier, Anton	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Vorlesung und Übung bietet eine Einführung in die Thematik der digitalen Integrierten Schaltungen (IC's). Es werden Informationen zur Herstellung von CMOS Schaltungen vermittelt und einfache CMOS Gatterschaltungen wie z. B. Inverter behandelt. Ferner werden wichtige Eigenschaften von digitalen Schaltungen wie Verzögerungszeiten, Störabstand oder Leistungsaufnahme erläutert. Es werden statische und dynamische Gatter, sowie diverse Schaltungsrealisierungen in sequentieller oder kombinatorischer Logik, unter besonderer Berücksichtigung des Timing-Verhaltens, besprochen. Diese neu zu erwerbenden Kenntnisse bilden dann die Grundlage für das Verständnis von komplexeren Arithmetik- und Speicherbauelementen.
Ein abschließendes Kapitel widmet sich den FPGAs. Ihre Architektur wird vorgestellt und die Vorgehensweise bei der Schaltungsimplementierung anhand von einigen Beispielen vermittelt.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Der Student hat umfassende Kenntnisse in der digitalen Schaltungstechnik erlangt. Er kennt Standardzellen und deren Designprozess durch Stickdiagramme. Er ist nun in der Lage digitale Schaltungen auf Chipebene zu entwerfen und diese hinsichtlich ihrer Eigenschaften zu analysieren. Der Student kennt die Architektur von FPGA Bausteinen und weiß wie logische Schaltungen in diesem implementiert werden.

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

This lecture and the appendant exercise will give an introduction to the topic of digital Integrated Circuits (IC). Manufacturing processes of CMOS devices and simple circuits using CMOS gates (e.g. Inverter) will be discussed. Additionally, important characteristics of digital circuits (e.g. delays, noise margin and power consumption) will be explained. In consideration of timing characteristics, static and dynamic gates as well as various circuits in sequential and combinational logic will be illustrated. This knowledge will be needed to understand more complex circuits which are used to develop memories or arithmetic operations.

The last chapter will introduce to FPGA's by explaining its architecture and presenting several examples of circuit implementation.

### Learning objectives / skills English

The student will have extended knowledge in the topic of digital circuits. He knows standard cells and their design processes using stick diagrams. He is able to develop digital circuits on chip level and to analyse its characteristics.

The student knows the architecture of FPGA devices and is able to implement logic circuits into it.

### Literatur

- J. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic, Digital Integrated Circuits. Prentice Hall
- N. Weste, K. Eshnagian, Principles of VLSI design. Addison Wiley
- N. H. E. Weste, D. Harris, CMOS VLSI Design, 3. ed. Pearson Addison Wesley

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Distributed Systems			
<b>Module title English</b>			
Distributed Systems			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Distributed Systems</b>			
<b>Course title English</b>			
Distributed Systems			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Weis, Torben	IN		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
6	WiSe	E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
3	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Vorlesung befasst sich mit den grundlegenden Konzepten und Protokollen für verteilte Systeme.
Die Vorlesung beginnt mit Grundlagen zur verteilten Kommunikation:
- Serialisierung (ASN.1, CORBA XDR, SOAP)
- Remote Procedure Calls
- Verteilte Objekte
und widmet sich dann wichtigen Basisalgorithmen
- Physikalische Uhren
- Logische Uhren
- Transaktionen
- Synchronisation
- Replikation und Konsistenz
- Globaler Zustand
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen, Protokolle, Algorithmen und Architekturen Verteilter Systeme und können diese anwenden.

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

The lecture presents important concepts and protocols for distributed systems.

The lecture starts with principles of distributed communication:

- Data serialization (ASN.1, CORBA XDR, SOAP)
- Remote procedure calls
- Distributed objects

The second part of the lecture presents important and often used distributed algorithms:

- Physical clocks
- Logical clocks
- Transactions
- Synchronisation
- Replication and consistency
- Global state

### **Learning objectives / skills English**

The students know the principles, protocols, algorithms and architecture of distributed systems are able to apply these to real word problems.

### **Literatur**

1 Coulouris/Dollimore/Kindberg: *Distributed Systems - Concepts and Design*, Addison-Wesley 2001 (3rd edition).

2 Tannenbaum/van Steen: *Distributed Systems - Principles and Paradigms*, Prentice Hall 2002.

3 Borghoff/Schlichter: *Rechnergestützte Gruppenarbeit* (in German), Springer 1998.

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Elektromagnetische Verträglichkeit			
<b>Module title English</b>			
Electromagnetic Compatibility			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Elektromagnetische Verträglichkeit			
<b>Course title English</b>			
Electromagnetic Compatibility			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hirsch, Holger	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	W/S	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		1
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Elektrische und elektronische Geräte basieren auf dem gezielten Transport und der Verarbeitung elektrischer und magnetischer Felder. Neben dieser beabsichtigten ist eine unbeabsichtigte Feldausbreitung oder Beeinflussung einer elektrischen Funktion durch Felder möglich, die von anderen Geräten der Umgebung stammen. Genau mit solchen Störphänomenen beschäftigt sich die Vorlesung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Es werden Verfahren zur Sicherstellung der Produkteigenschaft EMV entwickelt. Neben der EMV-Messtechnik und -Messverfahren werden technische Maßnahmen am Produkt besprochen und charakterisiert. In einer Übung werden die Lehrinhalte vertieft.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studenten sind in der Lage technische Maßnahmen zur Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit, wie Filterung und Schirmung zu dimensionieren. Sie erlernen die begründete Auswahl geeigneter EMV-Messverfahren für bestimmte Produkte im Rahmen der Qualitätssicherung.

<b>Description / Content English</b>
Electric and electronic appliances are based on the intended use and transport of electric and magnetic fields. Beside this intended use, fields of external sources may influence the function of an electronic component. Furthermore the emission of fields of this electronic component either radiated or conducted can potentially disturb other equipment in the neighbourhood or radio services. These disturbance phenomena are covered by the lecture Electromagnetic Compatibility (EMC). Methods to ensure the product property EMC will be derived. Besides EMC measurement technology and measurement methods technical measures applied to products will be discussed and characterised. The content will be deepened in exercises.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students are able to develop technical suppression measures for the improvement of the electromagnetic compatibility, like filter and shielding. They learn the justified selection of suitable EMC-measurement methods for specific products with regard to quality assurance.

## Literatur

- 1 Schwab: Elektromagnetische Verträglichkeit , Springer Verlag 1996
- 2 Perez: Handbook of EMC, Academic Press 1995
- 3 Kellerbauer/Gustrau: Elektromagnetische Verträglichkeit, Hanser Verlag, 2015

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Entwurf digitaler Systeme für FPGAs Praktikum			
<b>Module title English</b>			
Design of Digital Systems for FGPA Lab			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Entwurf digitaler Systeme für FPGAs Praktikum</b>			
<b>Course title English</b>			
Design of Digital Systems for FGPA Lab			
<b>Verantwortung</b>			
Grabmaier, Anton			
<b>Kreditpunkte</b>			
5			
<b>Turnus</b>			
SoSe			
<b>Sprache</b>			
D			
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
		3	
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Ein FPGA (Field Programmable Gate Array) stellt ein sehr mächtiges Tool in den Händen von Entwicklern dar. Es beinhaltet logische Gatter und FlipFlops, die mit Hilfe einer Hardwarebeschreibungssprache, z.B. Verilog oder VHDL miteinander verschaltet werden können, um so individuelle digitale Logik zu realisieren. Hierbei können einfache Logikfunktionen, komplexere Module (UART, SPI, I2C, etc.), bis hin zu komplexen Gesamtsystemen wie Mikrocontrollern, Mikroprozessoren und GPU's erzeugt werden. Durch hohe Clockfrequenzen von z.B. 400 MHz kann eine hohe Datenverarbeitung erreicht werden. Ihre Wiederbeschreibbar- und somit Wiederverwendbarkeit stellt einen weiteren Vorteil dieser Bauteile dar. In diesem Praktikum werden Sie an die Nutzung von FPGA's herangeführt. Hierfür werden Sie in den einzelnen Terminen Lösungen zum Thema in der Hardwarebeschreibungssprache Verilog programmieren und auf einem FPGA-Board testen. Als FPGA-Board wird das „Genesys Board“ mit einem Xilinx Virtex 5 Chip eingesetzt. Eine Einführung in die Sprache Verilog erfolgt am ersten Veranstaltungstermin. Eine weitere Vertiefung der Sprache ist aber darüber hinaus erforderlich um die Aufgaben erfolgreich umzusetzen. Zugehörige Literatur kann aus der Bibliothek BA bezogen werden.
Inhalte der einzelnen Versuchsmodule:
1. Einführung in das ISE Xilinx Entwicklungstool / Einführung Verilog
2. Entwicklung eines Taktteilers
3. Ansteuerung einer Sieben-Segmentanzeige
4. Ansteuerung eines LCD-Moduls
5. Entwicklung eines UART-Moduls
6. Entwicklung eines SPI-Controllers und Ansteuerung eines Beschleunigungssensors

<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden haben die Grundlagen von Verilog erlernt. Sie verstehen das Konzept von kombinatorischen und sequenziellen Schaltungstechniken. State-Maschinen können realisiert werden um komplexe Steuerungsaufgaben zu lösen. Das Designtool ISE Xilinx kann bedient und das erstellte Programm auf einem FPGA-Board getestet werden.

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

A FPGA (Field Programmable Gate Array) is a useful and powerful tool for developing digital circuits. It contains logic gates and flip-flops, which can be combined by using a hardware description language like Verilog or VHDL for creating various individual digital logic circuits. It can be utilized to generate from small, simple to complex modules (UART, SPI, I2C, etc.) and further to complex systems like microcontrollers, microprocessors and GPU. Its high clock frequencies (400 MHz) in combination to parallel processing of a system can be used to achieve high data processing.

Another benefit is the ability to rewrite and reuse the FPGA for different projects.

In this lab you get familiar with the usage of FPGAs. You will use the hardware description language Verilog to create possible solutions for each lab and test it on a FPGA board. The hardware is a 'Genesys Board' including a Xilinx Virtex 5 chip.

The Labs will start with a short introduction to Verilog. For further steps the student is asked to consult the given literatures. The books can be borrowed from BA Library.

Content of the labs:

1. Introduction to the ISE Xilinx Tool/Introduction to Verilog
2. Create a clock-divider
3. Controlling a 7-seg Display
4. Controlling a LCD-module
5. Create a UART-Module
6. Create a SPI-controller and read out of an acceleration sensor

### Learning objectives / skills English

The students are familiar with the basics of Verilog. They understand the concepts of combinational and sequential logic. State-machines can be created and used for complex controlling problems. They are able to handle the ISE Xilinx design-tool and test the written program on an FPGA board.

### Literatur

1. S. Kilts, Advanced FPGA Design. Architecture, Implementation, and Optimization. Wiley, 2007.
2. B. C. Readler, Verilog by example. A Concise Introduction for FPGA Design. Full Arc Press, 2013.

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Fahrzeugtechnik			
<b>Module title English</b>			
Vehicle Technology			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Fahrzeugtechnik			
<b>Course title English</b>			
Vehicle Technology			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Schramm, Dieter	MB		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Fahrzeugtechnik ist heute eines der wichtigsten Technologiefelder, in dem Mechatronik als Entwicklungskonzept für technische Produkte umgesetzt wird. Das Automobil bildet dabei ein mechatronisches Gesamtsystem, das neben mechanischen Teilsystemen wie Fahrwerk oder Antriebsstrang auch viele nichtmechanische Systemkomponenten wie Regler, Sensoren, Bremshydraulik sowie die gesamte Informationsverarbeitung umfasst. Vor diesem Hintergrund ergibt sich für die Vorlesung folgende inhaltliche Gliederung: Grundlagen der Fahrzeugmechanik; Modellierung der Fahrzeugkomponenten (Rad-Fahrbahn-Kontakt, elektrischer und verbrennungsmotorischer Antriebsstrang); Modellierung der Längs-, Quer- und Vertikaldynamik eines Kraftfahrzeugs mit besonderem Schwerpunkt auf dem linearen Einspurmodell; Anwendungen der Fahrdynamiksimulation auf verschiedene konkrete Fragestellungen der Fahrzeugsystemtechnik; Einführung in die Funktion und Entwicklung von Fahrdynamikregelsystemen (wie z.B. ABS, ASR, ESP). Einführung in die Funktion und Entwicklung von Fahrdynamikregelsystemen (wie ABS, ASR, ESP, ACC) und Fahrerassistenzsystemen.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden kennen und verstehen den Aufbau, die Funktion und das Zusammenwirken der Systeme und Komponenten eines Kraftfahrzeugs.

<b>Description / Content English</b>
Today, automotive engineering is one of the most important fields of technology in which mechatronics is implemented as a development concept for technical products. The automobile is an overall mechatronic system that includes not only mechanical subsystems such as the chassis or the drive train, but also many non-mechanical system components such as controllers, sensors, brake hydraulics, and the entire information processing. With this background, the lecture is structured as follows: Fundamentals of vehicle mechanics; Modeling of vehicle components (wheel-road contact, electric and combustion engine powertrain); Modeling of longitudinal, lateral and vertical dynamics of a motor vehicle with special emphasis on the linear single-track model; Applications of vehicle dynamics simulation to various concrete problems in vehicle systems engineering; Introduction to the function and development of vehicle dynamics control systems (such as ABS, ASR, ESP). ABS, ASR, ESP, ACC and driver assistance systems.

### Learning objectives / skills English

Students have knowledge and understanding of the design, functions, and interaction of vehicle systems and components.

### Literatur

Eigenes Manuskript/Foliensatz

Schramm, D. et al.: Fahrzeugtechnik. Technische Grundlagen aktueller und zukünftiger Kraftfahrzeuge. De Gruyter Oldenbourg, 2017

Schramm, D. et al.: Vehicle Dynamics. Springer Verlag, 2018 (also available in German and Chinese)

Schramm, D. et.al.: Vehicle Technology. De Gruyter Oldenbourg, 2018

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Hochfrequenzschaltungen und Leistungsbauelemente			
<b>Module title English</b>			
RF Circuits and Power Devices			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Hochfrequenzschaltungen und Leistungsbauelemente</b>			
<b>Course title English</b>			
RF Circuits and Power Devices			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Weimann, Nils	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1	1	
<b>Studienleistung</b>			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Aufbauend auf der Analyse des Kleinsignalverhaltens elektronischer Bauelemente wie Dioden, Feldeffekttransistoren (FET) und Bipolartransistoren werden fundamentale Methoden zur Berechnung von komplexen elektronischen Schaltungen eingeführt und auf zahlreiche Beispiele in Vorlesung und Übung angewandt. Dabei werden zunächst Methoden wie z.B. Netzwerksätze behandelt und mit deren Hilfe die Eigenschaften der verschiedenen Grundschaltungen eingehend analysiert. Darüber hinaus werden komplexe integrierte analoge NF- und HF-Schaltungen behandelt.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind fähig, die grundlegenden Konzepte elektronischer Schaltungen zu verstehen und das Verhalten einfacher Schaltungen abschätzen bzw. berechnen zu können.

<b>Description / Content English</b>
Based on the small-signal analysis of electronic devices like diodes, field-effect transistors (FET) and bipolar transistors, fundamental methods to calculate and design complex electronic circuits are introduced and applied. Basic circuits and their characteristics are analysed and discussed in detail. Complex analog LF- and RF-circuits are treated.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students are able to understand and analyse the AC-characteristics of complex analog and digital circuits.
<b>Literatur</b>

- 1 F.-J.Tegude, Elektronische Bauelemente, Skript zur Vorlesung, Universität Duisburg - Essen
- 2 K.-H. Rumpf, K.Pulvers, Elektronische Halbleiterbauelemente ? Vom Transistor zur VLSI-Schaltung, Dr. Alfred Hüthig Verlag Heidelberg, ISBN 3-7785-1345-1, 1987
- 3 R.Köstner, A.Möschwitzer, Elektronische Schaltungen, Carl Hanser Verlag, München Wien, Studienbücher, ISBN 3-446-16588-6, 1993
- 4 K.Bystron, J.Borgmeyer, Grundlagen der Technischen Elektronik, Carl Hanser Verlag, München Wien, Studienbücher, ISBN 3-446-15869-3, 1990
- 5 D. A. Neamen, Electronic Circuit Analysis and Design, Irwin Book Team, ISBN 0-256-11919-8, 1996
- 6 A.S.Sedra, K.C.Smith, Microelectronic Circuits, Oxford University Press, 1991, ISBN 019-510369-6
- 7 R.S. Muller, T.I.Kamins, Device Electronics for Integrated Circuits, John Wiley & Sons, 1986, ISBN 0-471-88758-7
- 8 R.J.Baker, H.W.Li, D.E.Boyce, CMOS: Circuit Design, Layout, And Simulation, IEEE Press Series on Microelectronic Systems, IEEE Press, 1998, ISBN 0-7803-3416-7
- 9 H.Tholl, Bauelemente der Halbleiterelektronik, B.G.Teubner, Stuttgart, 1978, II, Teil 2, ISBN 3-519-06419-7
- 10 U.Tietze, Ch.- Schenk, Halbleiterschaltungstechnik, Springer-Verlag, Berlin
- 11 J. Borgmeyer, Grundlagen der Digitaltechnik, Hanser Lehrbuch, Carl Hanser Verlag München, ISBN 3-446-15624-0
- 12 M.Shur, GaAs Devices and Circuits, Plenum Press, Microdevices: Physics and Fabrication Technologies, New York 1987, ISBN 0-306-42192-5
- 13 W.Groß, Digitale Schaltungstechnik, Vieweg Verlag, Studium Technik, ISBN-3-528-03373-8, Braunschweig/Wiesbaden, 1994

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>	
Master-Arbeit (einschließlich Kolloquium)	
<b>Module title English</b>	
Master-Thesis (including colloquium)	
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>	
<b>Master-Arbeit (einschließlich Kolloquium)</b>	
<b>Course title English</b>	
Master-Thesis (including colloquium)	
<b>Verantwortung</b>	
<b>Kreditpunkte</b>	
30	
<b>Turnus</b>	
W/S	
<b>Sprache</b>	
D/E	
<b>SWS Vorlesung</b>	
<b>SWS Übung</b>	
<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	
<b>SWS Seminar</b>	
<b>Studienleistung</b>	
<b>Prüfungsleistung</b>	
Masterarbeit	
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>	

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Master-Arbeit ist eine Prüfungsarbeit, in der die oder der Studierende zum Abschluss des Studiums zeigen soll, dass er innerhalb einer vorgegebenen Frist von 6 Monaten ein Problem selbstständig unter Anleitung nach wissenschaftlichen Methoden bearbeiten kann. Die Arbeit soll wie ein Projekt in der Praxis unter Beachtung von Methoden des Projektmanagements betreut und durchgeführt werden. Dokumentation und Präsentation (Kolloquium, deutsch oder englisch) sollen zeigen, dass die oder der Studierende in der Lage ist, Zusammenhänge und Ergebnisse verständlich und präzise darzustellen.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Master-Abschlussarbeit stellt eine Prüfungsleistung dar. Neben der fachlichen Vertiefung an einem Beispiel dient sie auch dem Erwerb und der Vertiefung folgender Soft-Skills: - Selbstlernfähigkeit, - Teamfähigkeit (Zusammenarbeit mit den Betreuern), - Anwendung von Methoden des Projektmanagements, - Kommunikationsfähigkeit: technische Dokumentation und Präsentation, - im Fall englischer Präsentation auch Übung von Sprachkenntnissen

<b>Description / Content English</b>
The master-thesis is an examination paper, in which the student should show that he can solve a problem self-contained under guidance by using scientific methods, within 6 months at the end of his studies. This thesis is supervised and conducted like a project in practice considering methods of project management. Documentation and presentation (colloquium, German or English) should show that the student is able to illustrate relations and results in a coherent and precise way.
<b>Learning objectives / skills English</b>

The master-thesis represents an examination. Besides the professional engrossing by using an example the acquisition of soft skills are also gained:

- self-learning ability
- capacity of teamwork (working together with the supervisor)
- application of methods of project management
- communications skills: technical documentation and presentation,  
- in case of an English presentation also practice of language skills

## Literatur

Spezifisch für das gewählte Thema

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Mess- und Sensorsysteme			
<b>Module title English</b>			
Measurement and sensor systems			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Mess- und Sensorsysteme</b>			
<b>Course title English</b>			
Measurement and sensor systems			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
van Waesen, Stefan	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	W/S	E/D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Lehrveranstaltung „Mess- und Sensorsysteme“ gibt eine erweiterte Einführung in das Thema Mess- und Sensorsysteme. Zu Beginn werden die Grundlagen der Messtechnik, bezogen auf wichtige Signal- und Systemparameter, behandelt. Weiterhin werden verschiedene Grundlagen bzw. Verfahren zur Signalkonditionierung und -verarbeitung vorgestellt. Im Weiteren soll ein Einblick in verschiedene Mess- und Sensorprinzipien gegeben werden. Es werden verschiedene Detektoren/Sensoren (Magnetfeldsensoren, Lichtsensoren, etc.) vorgestellt und die grundlegenden Eigenschaften, mit Vorteilen und Nachteilen sowie deren Einsatzgebiete diskutiert. Zum Ende soll hierbei speziell auch auf die spezifischen Möglichkeiten zur Auslegung dieser Komponenten und die verschiedenen Implementierungsmöglichkeiten eingegangen werden. Im Gesamtzusammenhang werden diese dann mit einer realen Applikation aus der Physik weiterführend als virtuelles Projekt diskutiert.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Nach erfolgreichem Ableisten der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, grundlegende Eigenschaften von Mess- und Sensorsystemen zu verstehen und eine entsprechende Auswahl von Komponenten (Detektoren, Signalverarbeitung, etc.) entsprechend der Anforderungen zu treffen. Die Studierenden sind zudem grundlegend fähig eine solche Entwicklung entsprechend einem typischen Entwicklungsprozess durchzuführen.

<b>Description / Content English</b>
The course „Measurement and Sensor Systems“ gives an extended introduction into the topic of measurement and sensor systems. At the beginning, the basics of measurement technology, related to important signal and system parameters, are covered. Furthermore, different basics or methods for signal conditioning and processing will be presented. Next, an insight into different measurement and sensor principles will be given. Different detectors/sensors (magnetic field sensors, light sensors, etc.) will be presented, and the basic properties, including advantages and disadvantages, as well as their areas of application will be discussed. Towards the end, the specific possibilities for the design of these components and the different implementation options will be discussed. In the overall context, these will then be discussed further with a real application from physics as a virtual project.

### Learning objectives / skills English

After successful fulfillment of the course, the students are able to understand basic characteristics of a measurement and sensor system and to make a corresponding component selection (detector, signal processing, etc.) according to respective requirements. In addition, students are basically able to perform such a development according to a typical development process.

### Literatur

Empfehlungen/Recommendations (nicht notwendig zum erfolgreichen Absolvieren des Kurses/not required for successfully passing the course):

- (1) Armin Schöne: Messtechnik. Springer Verlag, 1997
- (2) Reinhard Lerch: Elektrische Messtechnik. Springer, 2010
- (3) Elmar Schrüfer, Leonhard M. Reindl, Bernhard Zagar: Elektrische Messtechnik. Hanser Verlag, 2012
- (4) Gabriele D'Antona, Alessandro Ferrero: Digital Signal Processing for Measurement Systems: Theory and Applications. Springer, 2010
- (5) Johannes Niebuhr, Gerhard Lindner: Physikalische Messtechnik mit Sensoren. Oldenbourg, 2002
- (6) K. W. Bonfig, Zhongdong Liu: Virtuelle Instrumente und Signalverarbeitung. VDE Verlag, 2004

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Numerical Mathematics			
<b>Module title English</b>			
Numerical Mathematics			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Numerical Mathematics			
<b>Course title English</b>			
Numerical Mathematics			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Gotzes, Claudia	Mathe		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
6	WiSe	E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Folgende Themen werden behandelt:
1. Fehleranalyse
Darstellung von Zahlen, Gleitpunktzahlen, Rundungsfehler, Fehlerfortpflanzung, Fehlerfortpflanzung bei arithmetischen Operationen, Konditionierung
2. Nichtlineare Gleichungen
Die Sekantenmethode, das Newtonverfahren, Fixpunktverfahren, Nullstellen von Polynomen, Systeme nichtlinearer Gleichungen, das Newtonverfahren für Systeme
3. Lineare Gleichungssysteme
Die LR- und Cholesky-Zerlegung, die LR-Zerlegung, die Cholesky-Zerlegung, das Gaußsche Eliminationsverfahren, die QR-Zerlegung, Problem der kleinsten Quadrate, Iterative Lösungen, das Jacobi-Verfahren, das Gauß-Seidel-Verfahren, Konvergenzeigenschaften
4. Bestimmung von Eigenwerten
Die Potenzmethode, Gerschgorinkreise, die QR-Methode, Hessenbergmatrizen
5. Gewöhnliche Differentialgleichungen
Trennung der Veränderlichen und lineare Gleichungen, Einschrittverfahren, das Eulerverfahren, das verbesserte Eulerverfahren, das Runge-Kutta-Verfahren
6. Interpolation
Lagrange-Polynome, Interpolationsfehler, Dividierte Differenzen, Splines
7. Integration
Gaußsche Quadraturformeln
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sollen lernen, typische Probleme aus der Ingenieurmathematik mit numerischen Verfahren zu lösen, darunter lineare und nichtlineare Gleichungssysteme, Eigenwerte, Interpolation, Differentialgleichungen und Integration. Sie sollen lernen, abstrakt formulierte Methoden in eine konkrete Berechnung umzusetzen und diese Verfahren hinsichtlich Genauigkeit und Effizienz zu beurteilen.

## Description / Content English

The course deals with the following subjects:

### 1 Error Analysis

Representation of numbers, Floating-point-numbers, Rounding errors, Error Propagation, Error propagation in arithmetic operations, Condition numbers

### 2 Nonlinear equations

The method of Bisection, The secant method, Newton's method, Fixed point iteration, Polynomial equations, Systems of nonlinear equations, Newton's method for systems

### 3 Systems of Linear Equations

The LR and Cholesky Decomposition, The LR-Decomposition, The Cholesky Decomposition, Gauss Elimination and Back-Substitution, Pivoting strategies, The QR Decomposition, Data fitting; Least square problems, Iterative solutions, Jacobi Iteration (total-step-method), Gauss-Seidel-Iteration (single-step-method), Convergence properties

### 4 Finding Eigenvalues

The Power method, Localizing eigenvalues, The QR-method, Hessenberg matrices

### 5 Ordinary Differential Equations

Basic analytic methods, Separation of variables, Linear differential equations, One-step-methods, Euler's Method, Midpoint Euler, Two-stage-models, Runge-Kutta-methods

### 6 Polynomial Interpolation

Lagrange form of Interpolation Polynomial, Interpolation Error, Divided Differences, Spline Interpolation

### 7 Numerical Integration

Gaussian Quadrature

## Learning objectives / skills English

The students will learn to solve typical problems in engineering-mathematics by numerical methods, among others: Linear and nonlinear systems, eigenvalues, interpolation, differential equations, and integration. They should learn to implement general methods into a practical computation and to evaluate them with respect to accuracy and efficiency.

## Literatur

- 1 Gautschi, W. Numerical Analysis, Birkhäuser, 1997.
- 2 Hammerlin und Hoffmann. Numerische Mathematik, Springer, 1994.
- 3 Householder. A.S. Principles of Numerical Analysis, Dover Publications, 1974.
- 4 Kincaid,D. and Cheney, W. Numerical Analysis, Brooks/Cole Publishing, 1991.
- 5 Locher. Numerische Mathematik für Informatiker, 1993.
- 6 Philipps,C. and Cornelius, B. Computational Numerical Methods, Ellis Hoorwood.
- 7 Stoer, J. and Burlisch, R. Introduction to numerical Analysis, 2005.

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Operationsverstärker Praktikum			
<b>Module title English</b>			
Operational Amplifier Lab			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Operationsverstärker Praktikum			
<b>Course title English</b>			
Operational Amplifier Lab			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Weimann, Nils	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
		3	
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Mündliche Prüfung			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Das Ziel dieses Praktikums ist das Verständnis der grundlegenden Funktionsweise und Eigenschaften von Operationsverstärkern (OpAmps). Ihre Einsatzmöglichkeiten in elektronischen Schaltungen sollen die Studenten zu eigenen Schaltungsentwürfen und einem besseren Verständnis von komplexen Schaltungen führen. Beginnend mit der Messung und Auswertung der wichtigsten Parameter eines OpAmps werden Schaltungen wie Addierer, Multiplizierer, Verstärker und aktive Filter berechnet und untersucht. Abschließend werden Oszillatoren und Generatoren entwickelt und getestet.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind in der Lage, Schaltungen mit Operationsverstärkern zu berechnen und die theoretischen Ergebnisse an Hand von Messungen zu kontrollieren.

<b>Description / Content English</b>
The aim of practical exercise is the understanding of the basic functionality and qualities of operational amplifiers (OpAmps). Their application potential in electronic circuits should lead the students to own circuit ideas and a better understanding of complicated circuits. Beginning with the measurement and evaluation of the most important parameters of OpAmps circuits like adder, multiplicators, amplifiers and active filters are calculated and measured. Finally, oscillators and generators are developed and tested.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students are able to calculate circuits based on operational amplifiers and to check the theoretical results with help of measurements.

<b>Literatur</b>
------------------

Praktikumsunterlagen (als Download verfügbar)

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>	
Optical Communications Technology	
<b>Module title English</b>	
Optical Communications Technology	
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>	
<b>Optical Communications Technology</b>	
<b>Course title English</b>	
Optical Communications Technology	
<b>Verantwortung</b>	
Buß, Rüdiger	
<b>Kreditpunkte</b>	
5	
<b>Turnus</b>	
WiSe	
<b>Sprache</b>	
E	
<b>SWS Vorlesung</b>	
2	
<b>SWS Übung</b>	
1	
<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	
<b>SWS Seminar</b>	
<b>Studienleistung</b>	
<b>Prüfungsleistung</b>	
Klausur	
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>	

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Zu Beginn der Vorlesung wird nach einer kurzen Einleitung mit Hilfe der Maxwellschen Gleichungen die Wellengleichung hergeleitet, wobei die Besonderheiten in der Optik herausgearbeitet werden. Ausgehend von der Ausbreitung einer ebenen Welle wird die Reflexion von Licht an Grenzflächen (Totalreflexion, Brechung), welche die Grundlage für eine optisch geführte Wellenausbreitung bildet, unter Berücksichtigung der Stetigkeitsbedingungen diskutiert. Der folgende Teil beschäftigt sich mit der Ausbreitung optischer Wellen in Gläsern. Hier werden die physikalischen Effekte wie Streuung, Absorption und Dispersion behandelt, und es werden Näherungsformeln für den praktischen Einsatz abgeleitet. Anschließend wird die Ausbreitung optischer Strahlung in sog. dielektrischen Wellenleitern behandelt. Verschiedene Bauformen dieses Typs von Wellenleiter, der z. B. innerhalb von Laserdioden Verwendung findet, werden vorgestellt und diskutiert. Es werden Lösungsverfahren zum Design der wellenführenden Schicht hergeleitet und angewendet. Die Verwendung von Glasfasern für die optische Nachrichtentechnik stellt den Inhalt des nächsten Vorlesungsabschnitts dar. Hier werden die wichtigsten Typen von Glasfasern (Stufenindex- und Gradientenindex-Faser) eingehend besprochen. Auch für diese Art von Wellenleitern werden Verfahren zum Entwurf hergeleitet und angewendet, wobei insbesondere auf die Problematik der Signalverzerrung in Glasfasern eingegangen wird. Zum Ende der Vorlesung stehen die Beschreibung der wichtigsten optoelektronischen Bauelemente wie z.B. Laserdioden, elektroabsorptive Detektoren und Modulatoren sowie der Aufbau und die Eigenschaften einfacher optischer Punkt-zu-Punkt-Verbindungen im Vordergrund. Abschließend erfolgt die Vorstellung der industriellen Glasfaserherstellung.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind in der Lage, die Prinzipien der Ausbreitung optischer Wellen in planaren Wellenleitern und Glasfasern zu beschreiben, die signalverzerrenden Parameter wie Absorption und Dispersion zu unterscheiden und einfache optische Übertragungssysteme zu analysieren. Sie sind fähig, den Einsatz optischer Übertragungstechnik kritisch mit bereits existierenden elektronischen Ansätzen zu vergleichen.
<b>Description / Content English</b>

The course Optical Communications Technology starts with use of Maxwell's equation to describe the propagation of electromagnetic waves. We consider the features of optical waves at surface boundaries, like reflection and refraction. Proceeding with the description of such fundamental physical effects like scattering, absorption and dispersion, optical wave propagation in various types of dielectric waveguides is discussed. Special emphasis is then given to the design, properties and technological realization of waveguides based on III/V compound semiconductors. The next main part of this course deals with fiber optic waveguides: Wave propagation in graded index fibers as well as in step index fibers is derived where both advantages and disadvantages of each type are carried out. Problems like signal distortion in fiber optic waveguides are analyzed and solutions to avoid them are given. At the end of this course, the most important optoelectronic components like laserdiodes, photodiodes, modulators are discussed. The properties of simple optical point-to-point transmission systems are analyzed and discussed. Finally, the manufacturing of glass optical fibers is presented.

### Learning objectives / skills English

The students are able to describe the principles of light propagation in planar and fiberoptic waveguides, to distinguish the signal-distorting parameters such as absorption and dispersion, and to analyze simple optical transmission systems. They are able to question and compare the use of optical transmission techniques with existing electronic approaches.

### Literatur

- [1] C.-L. Chen, Foundations for guided-wave optics, John Wiley & Sons, 2007
- [2] B. Saleh, Fundamentals of Photonics, John Wiley & Sons, 1991
- [3] H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teil 1, Hüthig-Verlag, Heidelberg 1990
- [4] F. Pedrotti et al., Optik für Ingenieure, Springer-Verlag, Berlin, 2002

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Optische Signalverarbeitung			
<b>Module title English</b>			
Optical Signal Processing			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Optische Signalverarbeitung</b>			
<b>Course title English</b>			
Optical Signal Processing			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Buß, Rüdiger	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	W/S	D/E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Vorlesung Optische Signalverarbeitung beginnt mit der grundlegenden Theorie der nichtlinearen optischen Effekte in dielektrischen Materialien und in Halbleitern: Beispielsweise werden hier Fragen zur optischen Frequenzverdopplung anhand eines grünen Laserpointers diskutiert. Die Ursachen für optische Bistabilität werden beschrieben und es wird gezeigt, wie optisches Schalten zur Realisierung optischer Speicher und Logikelemente angewendet werden kann. Nachfolgend wird das Phänomen der optoelektronischen Bistabilität eingeführt. Es wird gezeigt, dass die Integration eines Modulators und eines Photodetektors zum sogenannten Self-Electrooptic-Effect-Device (SEED) führt. Dieses Element zeigt verschiedene Arten von Schaltvorgängen, die optisch und elektrisch gesteuert werden können. Schließlich werden die Einsatzgebiete der optischen Signalverarbeitung anhand speziellen Anwendungsbeispiele diskutiert. Dies sind unter anderem: optische Schaltnetzwerke, Bildverarbeitungssysteme, optische neuronale Netzwerke, parallel-optische Signalprozessoren.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind in der Lage, die physikalischen Mechanismen für die Entstehung optischer Bistabilität zu erörtern und diese bei der Analyse optischer logischer Elemente anzuwenden. Sie sind fähig, die erlernten Konzepte auf Systeme zu übertragen und den Einsatz optischer Signalverarbeitung kritisch mit bereits existierenden elektronischen Ansätzen zu vergleichen.
<b>Description / Content English</b>

The course „Optical Signal Processing“ starts with the basic theory of non-linear optical effects both in dielectric materials and in semiconductors. Optical second harmonic generation in green laserpointers is discussed. The causes for optical bistability are described and principles like optical switching are applied to the realisation of optical memories and logic elements. Within the next section of this course, the phenomenon of opto-electronic bistability is introduced. It is shown that the integration of a light modulator and a photodetector is leading to so-called self-electro-optic effect devices (SEED), showing various forms of switching behaviour which can be controlled both optically and electrically. Finally, the main advantages of optical signal processing are pointed out while discussing applications such as optical switching networks, image processing systems, optical neural networks, parallel optical signal processors and optical interconnects.

### Learning objectives / skills English

The students are capable of discussing the physical mechanisms for the emergence of optical bistability and applying this to the analysis of optical logic elements. They are able to transfer the learned concepts to systems. They can question and compare the use of optical signal processing with existing electronic approaches.

### Literatur

- [1] P. Mandel, S.D. Smith, B.S. Wherrett (Eds.), *From optical bistability towards optical computing*, Elsevier Science Publishers, North Holland, 1987
- [2] H.H. Arsenault, T. Szoplik, B. Macukow (Eds.), *Optical Processing and Computing*, Academic Press, San Diego, 1989
- [3] W. Erhard, D. Fey, *Parallele digitale optische Recheneinheiten*, Teubner Studienbücher, Elektrotechnik/Physik, Teubner Verlag, Stuttgart, 1994
- [4] B.S. Wherrett, P. Chavel (Eds.), *Optical Computing, Proceedings of the International Conference*, Institute of Physics Conference Series Number 139, IOP Publishing, 1995

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Photovoltaik			
<b>Module title English</b>			
Photovoltaics			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Photovoltaik			
<b>Course title English</b>			
Photovoltaics			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Benson, Niels	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D/E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		1
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Mündliche Prüfung			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
In dieser Vorlesung werden die Grundlagen der Photovoltaik bis hin zum vertieften Verständnis einzelner Zellkonzepte behandelt. Die Grundlagen schließen das wirtschaftliche Potenzial der Technologie, das Sonnenspektrum, Ladungsträger Generations- und Transportmechanismen in organischen wie anorganischen Halbleitern sowie die Funktionsweise des pn-Übergangs mit ein. Vertieft werden diese Inhalte hinsichtlich der allgemeinen elektrischen Solarzellenfunktionalität, Verlustmechanismen und Begrenzungen in der Konversionseffizienz. Weiterhin wird im Speziellen auf Solarzellen der 1. Generation: Si und m-Si, der 2. Generation: a-Si, organische und Graetzelzellen sowie auf Solarzellen der 3. Generation: Tandem Zellen eingegangen.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studenten sind in der Lage:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Energiegenerationspotential der Technologie zu erklären</li> <li>- Den Ursprung des photovoltaischen Effekts allgemein und die Funktionsweise einer Solarzelle an konkreten Materialsystemen zu erklären, unter zu Hilfenahme von quasi-Fermi Niveaus und standard Transportmodellen.</li> <li>- Generations und Rekombinations-mechanismen zu erklären.</li> <li>- Begrenzungen in der maximalen Konversionseffizienz zu erklären und hierbei zwischen materialbedingten, prozessbedingten und strukturbedingten Begrenzungen zu unterscheiden</li> <li>- Solarzellen elektro-optisch zu charakterisieren und die Ergebnisse mit Hilfe von standard Ersatzschaltbildern zu Interpretieren.</li> <li>- Solarzellen der drei Generationen zu unterscheiden, deren Funktionsweise zu beschreiben und deren Vor- und Nachteile zu erklären.</li> </ul>

<b>Description / Content English</b>

This lecture deals with the photovoltaic basics, as well as an in depth understanding of selected solar cell concepts. The basics include the market potential of the photovoltaic technology, the solar spectrum, charge carrier generation and transport mechanisms in organic / inorganic semiconductors, as well as the working principle of the classical pn-junction. Emphasis is also placed on the general electrical solar cell functionality, loss mechanisms and limitations with respect to the power conversion efficiency. Specifically solar cells of the 1st generation: Si and m-Si, the 2nd generation: a-Si, organic and Graetzel cells as well as solar cells of the 3rd generation: tandem cells are discussed.

### Learning objectives / skills English

The students are able:

- to describe the energy generation potential of this technology.
- to describe the origin of the photovoltaic effect, as well as the working principle of solar cells using concrete material systems, quasi Fermi levels as well as standard transport models.
- to describe generation and recombination mechanisms.
- to describe limitations of the max. obtainable power conversion efficiency and be able to differentiate between material, process and design limitations.
- to characterize solar cells electro-optically and are able to interpret their findings using standard equivalent circuits.
- to differentiate between solar cells of the three generations, are able to describe their working principle as well as their advantages and disadvantages.

### Literatur

- The Physics of Solar Cells, Jenny Nelson, Imperial College Press
- Physics of Semiconductor Device, S.M. Sze and K.K. NG, WILEY-Interscience
- Physics of Solar Cells, Peter Würfel, WILEY-VCH
- Organic Molecular Solids, Markus Schwoerer and Hans Christoph Wolf, WILEY-VCH
- Solid State Physics, Harald Ibach and Hans Lüth, Springer

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Quantenkommunikation 2			
<b>Module title English</b>			
Quantum Communication 2			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Quantenkommunikation 2			
<b>Course title English</b>			
Quantum Communication 2			
<b>Verantwortung</b>			
Jung, Peter			
<b>Kreditpunkte</b>			
5			
<b>Turnus</b>			
SoSe			
<b>Sprache</b>			
D			
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Vorlesung gliedert sich in folgende Themen:
- Operatorensummendarstellung nach Kraus
- Quantenkommunikationssystem (Struktur, optimale Quantendetektion, Quantenkanäle)
- Systembeispiele (Bayes-Detektion, MAP-Detektion, „Square Root Measurement“, ML-Detektion)
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
1. Verständnis der Krausdarstellung und der Quantenkanäle
2. Verständnis optimaler und nahezu optimaler Quantendetektoren

<b>Description / Content English</b>
The lecture is divided into the following topics:
- Operator sum representation according to Kraus
- Quantum communication system (structure, optimal quantum detection, quantum channels)
- System examples (Bayes detection, MAP detection, square root measurement (SRM), ML detection)
<b>Learning objectives / skills English</b>
1. Understanding the Kraus representation and quantum channels
2. Understanding of optimal and near-optimal quantum detectors

<b>Literatur</b>
Jung, P.: Quantenkommunikation II. Düren: Shaker, 2022 (ISBN 978-3-8440-8807-6).

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>	
Radio Propagation Channels	
<b>Module title English</b>	
Radio Propagation Channels	
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>	
<b>Radio Propagation Channels</b>	
<b>Course title English</b>	
Radio Propagation Channels	
<b>Verantwortung</b>	
Balzer, Jan	
<b>Kreditpunkte</b>	
5	
<b>Turnus</b>	
SoSe	
<b>Sprache</b>	
E	
<b>SWS Vorlesung</b>	
2	
<b>SWS Übung</b>	
1	
<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	
<b>SWS Seminar</b>	
1	
<b>Studienleistung</b>	
<b>Prüfungsleistung</b>	
Portfolioprüfung (80% Mündliche Prüfung, 20% Seminar)	
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>	

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
In der Vorlesung „Radio Propagation Channels“ werden die Grundlagen für Mobile Kommunikationssysteme erarbeitet. Schwerpunkte bilden die Themenbereiche Wellenausbreitung, lineare zeitvariante Systeme und digitale Modulation. Das erste Kapitel gibt eine Einführung in die mobile Kommunikation: Beginnend mit einem historischen Rückblick werden anschließend zellulare drahtlose Systeme und Mehrfachzugriffsverfahren eingehend erläutert. In Kapitel 2 werden physikalische Effekte der Wellenausbreitung behandelt. Anschließend werden wesentliche Eigenschaften eines Mobilfunkkanals mit Mehrwege-Ausbreitung behandelt. Hierbei wird der Mobilfunkkanal als stochastisches zeitvariantes lineares System beschrieben. Schließlich werden im Mobilfunk eingesetzte Übertragungsverfahren besprochen. Die Lehrinhalte werden in Übungen vertieft.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Hörenden haben die physikalischen Effekte der Wellenausbreitung verstanden und sind in der Lage, einen Mobilfunkkanal mit Hilfe eines stochastischen Ansatzes zu beschreiben.

<b>Description / Content English</b>
In the lecture „Radio Propagation Channels“, the basics of mobile communication systems are developed. The focus is on the topics of wave propagation, linear time-variant systems and digital modulation. The first chapter provides an introduction to mobile communication: starting with a historical review, cellular wireless systems and multiple access methods are then explained in detail. Chapter 2 deals with the physical effects of wave propagation. Subsequently, essential characteristics of a mobile radio channel with multipath propagation are discussed. The mobile radio channel is described as a stochastic time-variant linear system. Finally, transmission methods used in mobile radio are discussed. The course content is deepened in exercises.
<b>Learning objectives / skills English</b>
Students have understood the physical effects of wave propagation and are able to describe a mobile radio channel using a stochastic approach.

## Literatur

### Basic textbooks:

- T. S. Rappaport: Wireless communications, Prentice Hall
- G. S. Stüber: Principles of mobile communications, Kluwer Academic Publishers
- W. C. Jakes: Microwave mobile communications, John Wiley

K. David, T. Benkner: Digitale Mobilfunksysteme, Teubner-Verlag

### Advanced textbooks:

- J. D. Parsons: The mobile radio propagation channel, John Wiley
- J. Eberspächer, H.-J. Vögel: GSM - Global system for mobile communication, Teubner-Verlag
- H. Holma, A. Toskala: WCDMA for UMTS, John Wiley

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Sensoren für Fortgeschrittene - Anwendungen, Schnittstellen und Signalverarbeitung			
<b>Module title English</b>			
Advanced Sensors - Applications, Interfacing and Signal Processing			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Sensoren für Fortgeschrittene - Anwendungen, Schnittstellen und Signalverarbeitung</b>			
<b>Course title English</b>			
Advanced Sensors - Applications, Interfacing and Signal Processing			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Schramm, Dieter; Hesse, Benjamin	MB		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D/E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Diese Vorlesung baut auf der Bachelor-Vorlesung „Sensorik und Aktuatorik“ oder ähnlichen einführenden Vorlesungen zur Sensorik oder Mechatronik auf. Der Schwerpunkt der Vorlesung liegt auf komplexen Sensoranwendungen und deren Integration in mechatronische Systeme. Dabei werden auch Themen wie Verbindungstechnik, Sensorabschirmung und Signalverarbeitung behandelt. Speziell bei der Signalverarbeitung werden Filterentwurf, adaptive Filter und Messrauschen behandelt.
Gliederung:
- Sensorcharakteristik
- Fortgeschrittene Anwendungen
- Sensor Schnittstellen
- Signalverarbeitung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden verstehen Anwendungen komplexer Sensorik in mechatronischen Produkten. Sie sind in der Lage, Sensoren entsprechend den Anforderungen und der Einbaumgebung auszuwählen und kennen Methoden zur Auslegung geeigneter Filter.

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

This course is based on the bachelor course „Sensorik und Aktuatorik“ or any other introductory course on sensors or mechatronics. The course on Advanced Sensorics will focus on more complex applications of sensors and their integration into mechatronic systems. This course will also focus a lot on interfacing circuits, sensor shielding and signal processing to complete the path from signal collection, preparation and making it available in some useful form for the Electronic Control Units to use them. This will include among others definition of noise, designing digital and adaptive filters.

Structuring:

- Characteristics of Sensors
- Advanced Applications
- Sensor Interfacing Circuits
- Signal Processing

### **Learning objectives / skills English**

Students understand applications of complex sensor technology in mechatronic products. They are able to select sensors according to the requirements and the installation environment and know methods for designing suitable filters.

### **Literatur**

Fraden, Handbook of Modern Sensors - Physics, Design, and Applications. Springer 2010

PowerPoint presentations in English and German

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Systemtechnik			
<b>Module title English</b>			
System Technologies			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Systemtechnik			
<b>Course title English</b>			
System Technologies			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Stöhr, Andreas; Schall-Giesecke, Anna Lena	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		1
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Mikrosystemtechnik ist eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Produkte mit mikrosystemtechnischen Komponenten erobern immer mehr Anwendungsbereiche im täglichen Leben und sind in ihren Potentialen hinsichtlich Funktionalität und Wirtschaftlichkeit aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Neue Anwendungsfelder werden erschlossen durch Skalierung der Strukturen in den Nanometer-Bereich. Die Vorlesung Mikro- und Nanosystemtechnik erlaubt einen Einblick in dieses spannende interdisziplinäre Gebiet mit seiner Vielfältigkeit und vermittelt dem angehenden Ingenieur das Grundwissen für einen späteren Einstieg in dieses Berufsumfeld.
Folgende Themenbereiche werden von der Vorlesung behandelt:
I. Mikrotechniken:
- Bulkmikromechanik (isotropes und anisotropes nasschemisches Ätzen, Plasma-Tiefenätzen)
- Oberflächenmikromechanik und andere Mikrotechniken (Opferätztechnik, Epi-Polysilizium, SOI, Sticking-Problematik, Vergleich unterschiedlicher Mikro- und Nanostrukturtechniken)
II. Mikrosensoren:
- Thermische Sensoren (Thermistoren, PT-Sensor, integrierte Temperatursensoren, Anemometrie, Luftmassensensor)
- Mechanische Sensoren (piezoresistive und kapazitive Drucksensoren, Beschleunigungssensoren, Drehratensensoren)
- Sensoren für Strahlung (CMOS-Bildsensor, CCD, IR-Sensor, Teilchendetektoren)
- Magnetfeldsensoren (Spinning-current Hallplate, Magnetoresistivität)
- Chemische und Biosensoren (Chemisch sensitive FETs, SAW-Sensoren, DNA-Chip)
- Skalierung von Sensorstrukturen in den Nanometerbereich
III. Mikroaktoren:
- Mikroaktoren (Wirkprinzipien, Mikrospiegel, Mikrostimulatoren)
- Mikrofluidik (Mikroventile, Mikropumpen, implantierbares Medikamentendepot, Lab-on-a-Chip)
IV. Systemtechniken:
- Entwurf, Simulation und Test (Entwurfsmethodik, Simulation, Test- und Prüfverfahren)
- Integrationstechniken (monolithische und hybride Integration, Aufbau-und-Verbindungstechnik und Gehäusetechnik für Mikro- und Nanosysteme)
Inhalt der Übungen: Vertiefende praktische Aufgaben und Beispiele zum Stoff der Vorlesung

## Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden kennen die Prinzipien und Techniken der Mikro- und Nanosystemtechnik und ihre Einsatzmöglichkeiten/Beschränkungen, sie verstehen einzelne Mikrokomponenten und ihre Wirkprinzipien, sie verstehen die grundlegenden Systemtechniken und die komplexe wechselseitige Beeinflussung der Komponenten, sie haben System-Know-how zur Integration der Einzelteile in Design und Herstellung.

## Description / Content English

Micro system engineering is a key technology of the 21th century. Products with microsystem technology seize more and more application areas in daily life and we can't imagine life without them, because of their potential for functionality and economic viability. New application areas are opened up through the scaling of structures in the fields of nanometer. The lecture micro and nano system engineering provides an insight into this exciting interdisciplinary field with its diversity and conveys a basic knowledge to the prospective engineer for the later entry in this occupational field.

Following topics will be handled in this lecture:

### I. Micro techniques:

- Bulk micromechanics (isotropic and anisotropic wet chemical etching, plasma-deep etching)
- Surface-micromechanics and other micro techniques (Epi-Polysilizium, SOI, Sticking-Problematik, comparison of different micro and nano structure techniques)

### II. Micro sensors:

- Thermic sensors (thermistors, PT-sensors, integrated temperature sensors, anemometer, mass flow sensor)
- Mechanical sensors (piezoresistive and capacitive pressure sensors, accelerometers, angular rate sensors)
- Sensors for radiance (CMOS-imaging-sensor, CCD, IR-sensor, particle detector)
- Magnetic field sensor (spinning-current hallplate, magnetoresistivity)
- Chemical and bio sensors (chemical sensitive FETs, SAW-sensors, DNA-chip)

Scaling of sensor structures in nanometers

### III. Mikroaktoren:

- Microaktoren (operating principle, micro mirrors, micro stimulation)
- Microfluidics (Micro vents, Micro pumps, implantable medicine depot, Lab-on-a-Chip)

### IV. System techniques:

- Design, simulation and test methods (design methodology, simulation, Test- und test method)
- Integration technology (monolithic and hybride integration, Integrated circuit packaging and packaging technique for micro- und nanosystems)

Content in the exercises:

In-depth practical tasks and examples to the content of the lecture

## Learning objectives / skills English

The students know the principles and techniques of micro and nano system engineering and their possible applications / limitations, they understand particular micro components and their active principles, they understand the basic system techniques and the complex mutual impact of components, they have system-know-how for the integration of component parts in design and production.

## Literatur

- M. J. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, ISBN: 0-8493-0826-7
- M. Gad-el-Hak: The MEMS Handbook, CRC Press, ISBN: 0-8493-0077-0
- W. Menz, J. Mohr: Mikrosystemtechnik für Ingenieure, VCH, ISBN: 3-527-29405-8
- U. Mescheder: Mikrosystemtechnik, B.G. Teuner, ISBN: 3-519-06256-9
- G. Gerlach, W. Dötzel: Grundlagen der Mikrosystemtechnik, Hanser, ISBN: 3-446-18395-7

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Theoretische Elektrotechnik 1			
<b>Module title English</b>			
Electromagnetic Field Theory 1			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Theoretische Elektrotechnik 1			
<b>Course title English</b>			
Electromagnetic Field Theory 1			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Erni, Daniel	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
6	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			
<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>			

„Theoretische Elektrotechnik“ ist eine Veranstaltung, welche das physikalische Verständnis von elektromagnetischen Feldern vertiefen soll. Sie bildet zudem eine Schlüsselqualifikation für andere Bereiche der Elektrotechnik. In der Energietechnik sind es beispielsweise die Gebiete der Hochspannungstechnik, elektrische Maschinen und im Allgemeinen die der Energieversorgung. Die Vorlesung Theoretische Elektrotechnik stellt in ihrer Gesamtheit aber auch eine Erweiterung des Lehrinhaltes in Richtung der klassischen Elektrodynamik dar, welche wiederum eine Brückenfunktion erfüllt, z.B. für das Gebiet der Hochfrequenztechnik, der Halbleiterelektronik und für die modernen Themenstellungen aus der Nanophotonik und Nanooptik.

Die Veranstaltung „Theoretische Elektrotechnik 1“ umfasst die folgenden Themenstellungen:

(1) Elektrostatik:

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

(2) Das stationäre elektrische Strömungsfeld:

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

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

### **Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind in der Lage,

- Randwertprobleme aus der Elektrostatik selbstständig zu lösen,
- Randwertprobleme des stationären Strömungsfeldes selbstständig zu lösen,
- hierzu analytische oder numerische Berechnungsverfahren einzusetzen,
- das Verhalten der elektrischen Felder für den Entwurf zukünftiger Bauteile richtig einzuschätzen,
- stationäre Strömungsfelder in Leitern zu verstehen und deren Verhalten quantitativ zu bewerten,
- die Vektorrechnung und die Vektoranalysis im gegebenen Kontext formal korrekt einzusetzen.

### **Description / Content English**

The course „Theoretische Elektrotechnik“ is aimed towards a profound physical understanding of electromagnetic fields. It represents a key qualification in order to bridge the gap to other realms of electrical engineering, such as high-voltage engineering, electrical engines, and energy transmission. The course as a whole represents an extension towards classical electrodynamics, addressing areas like microwave engineering, solid state electronics, and advanced issues in the framework of nanosciences, such as nanophotonics and nanooptics.

The lecture „Theoretische Elektrotechnik 1“ encompasses the following topics:

(1) Electrostatics:

- Electric field and electric flux density
- The fundamental equations (Gauss law, conservative fields)
- The electrostatic potential
- The general theory of capacitance
- Electrostatic field in material media
- Boundary conditions
- Energy and forces
- The electrostatic boundary value problem
- Analytical, graphical, semi-analytical, direct, and iterative numerical solution methods

(2) Stationary electric fields in conducting media:

- Current and current density
- The fundamental equations (continuity equation, Ohm's law)
- Boundary conditions
- Power density
- Calculation of the resistance
- The stationary boundary value problem
- Duality to electrostatics

The course also covers the fundamentals of vector calculus, vector analysis, coordinate systems, and some elements of tensor calculus.

### Learning objectives / skills English

Based on this course, the students are capable of

- solving an electrostatic boundary problem while using either analytical or numerical methodologies,
- correctly evaluating the behavior of electrostatic field according to their appearance in technical building blocks and systems,
- understanding the underlying mechanisms of stationary current, and to provide quantitative measures for their behavior,
- mastering vector calculus, vector analysis, and to correctly apply these formalisms in the corresponding context of application.

### Literatur

- Pascal Leuchtmann, Einführung in die elektromagnetische Feldtheorie. München: Pearson Studium, 2005.
- Ingo Wolff, Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 1: Elektrostatik. Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2005.
- Ingo Wolff, Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 2: Strömungsfelder, Magnetfelder, Wellenfelder. Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2007.
- David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, (3rd. ed). San Francisco: Pearson, 2008.
- David J. Griffiths, Elektrodynamik - Eine Einführung, (3. Aufl.). München: Pearson Studium, 2011.
- Günther Lehner, Elektromagnetische Feldtheorie – für Ingenieure und Physiker. Berlin: Springer Verlag, 2006.
- Heino Henke, Elektromagnetische Felder – Theorie und Anwendungen, (3. Aufl.). Berlin: Springer Verlag, 2007.
- Julius Adams Stratton, Electromagnetic Theory. Hoboken: John Wiley & Sons / IEEE Press, 2007.
- Melvin Schwartz, Principles of Electrodynamics. New York: Dover Publications Inc., 1988.
- Gottlieb Strassacker, Rotation, Divergenz und Gradient - Leicht verständliche Einführung in die Elektromagnetische Feldtheorie. Wiesbaden: Teubner Verlag, 2006.
- Andrew Zangwill, Modern Electrodynamics. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Theorie statistischer Signale			
<b>Module title English</b>			
Theory of Statistical Signals			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Theorie statistischer Signale</b>			
<b>Course title English</b>			
Theory of Statistical Signals			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Czylwik, Andreas	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Nach einer Einführung in den Begriff der Wahrscheinlichkeit werden Zufallsvariablen ausführlich behandelt. Hierzu gehören die verschiedenen Beschreibungsmöglichkeiten durch Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion sowie charakteristische Funktion. Weiterhin werden die Eigenschaften von Funktionen von Zufallsvariablen besprochen. Den Schwerpunkt der Vorlesung bilden Zufallsprozesse, die als eine Erweiterung von Zufallsvariablen um die Dimension der Zeit eingeführt werden. Insbesondere werden Momente zweiter Ordnung wie die Autokorrelationsfunktion, die Kreuzkorrelationsfunktion sowie die entsprechenden Leistungsdichtespektren behandelt. Es werden spezielle Zufallsprozesse mit großer praktischer Bedeutung wie Gauß-, Poisson- und Schrötrauschprozesse besprochen. Abschließend werden Anwendungen wie optimale Filter und Modulation diskutiert. In den Übungen werden die Inhalte der Veranstaltung vertieft.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Sehr viele Vorgänge (aus der Physik, Technik, Wirtschaft, Biologie ...) lassen sich nicht einfach durch deterministische Zusammenhänge beschreiben, sondern benötigen statistische Ansätze. Hierzu sind Absolventen in der Lage, die Konzepte von Zufallsvariablen und Zufallsprozessen in praktischen Problemstellungen einzusetzen.

<b>Description / Content English</b>
After a sound introduction in the notion of probability, stochastic variables will be discussed in detail. To that belong the different description possibilities through probability density function, probability distribution function and characteristic function. Beyond that, the properties of functions from stochastic variables will be handled.
Stochastic processes which are extended from stochastic variables in time dimension will be emphasized on.
Second-order moments such as the autocorrelation function, the cross correlation function as well as the corresponding power spectral density will be particularly discussed.
Special stochastic processes of great practical importance such as the Gauss's and Poisson's processes will be handled.
In conclusion, applications like optimal filters and modulation will be discussed. The contents will be deepened in exercises.

### Learning objectives / skills English

A lot of processes (from physics, economics, biology, technology ...) cannot be described only with deterministic relationships, but need statistical methods.

Students who have completed this course should be able to apply the concepts from stochastic variables and stochastic processes in practical problems.

### Literatur

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