



## Modulbeschreibung

# M.Sc. Elektrotechnik und Informationstechnik PO19 Eingebettete Systeme

Stand: November 2022

# Modul- und Veranstaltungsverzeichnis

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Automobilelektronik			
<b>Course title English</b>			
Automotive Electronics			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
<b>Prüfungsleistung</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>
<p>Die Studierenden</p> <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.
<b>Learning objectives / skills English</b>
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 heterogenous 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 - Kraftfahrtechnischen Taschenbuch, Vieweg
- [4] Georg Pelz, Mechatronic Systems - Modelling and Simulations with HDLs, Wiley

**Kursname laut Prüfungsordnung****Cognitive Robot Systems****Course title English**

Cognitive Robot Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
6	WS	Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
3		1	
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Ein kognitives Robotersystem nimmt mit Sensoren die Umgebung und die eigene Körperlichkeit wahr, sammelt, strukturiert und verwendet selbstständig Wissen, trifft darauf basierend sinnvolle Verhaltensentscheidungen, und reagiert/agiert mit Aktuatoren flexibel in Echtzeit. In der Vorlesung werden moderne Architekturkonzepte, Verfahren der Raumrepräsentation und zur Selbstlokalisierung, Systeme für visuell basiertes Greifen von Objekten, einfache Regelungsverfahren, Wegplanung zur Roboter-Navigation, Online-Roboterlernen sowie Robotik-Simulation behandelt. Im Rahmen der Übung werden ausgewählte Themen anwendungsbezogen vertieft. Inhalte im Einzelnen:

- Anwendungen von kognitiven Robotersystemen
- Kognitive Wahrnehmungs-Handlungs-Systeme
- Bestandteile von Robotersystemen
- Sensorsysteme als Grundlage für die Autonomie
- Koordinatensysteme und Transformationen
- Visuell-basierte Regelung eines Roboterarms
- Arten der Umweltbeschreibung
- Wegplanung zur Roboter-Navigation
- Probabilistische Ansätze zur Roboterlokalisierung
- Online lernende Verfahren zur Roboter-Navigation
- Robotik Simulation
- Programmierung kognitiver Robotersysteme
- Robot Operating System

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen Architekturen von kognitiven Robotersystemen kennen lernen. Sie sollen Verfahren zur Roboterregelung, zur Wegplanung und Roboternavigation, zur Eigenlokalisierung, sowie zum Roboter-Lernen verstehen und realisieren können, inklusive den zugrundeliegenden mathematischen und probabilistischen Methoden. Für bestimmte Problemstellungen sollen sie in der Lage sein, potentielle Konfigurationen vorzuschlagen und zu bewerten.

**Description / Content English**

Cognitive robot systems use sensors and cameras to perceive their environment, in order to acquire and process knowledge for goal directed behavioral decisions. Such systems can be robot vehicles (e.g. for map building), robot arms (e.g. for object grasping), or robot heads (e.g. for active vision). The main focus of the course is on methods to reach such intelligent robot behaviors. This includes architectures, space representation, self localisation, navigation, visual servoing, online robot learning, robotics simulation. Within the scope of the exercise, selected topics are deepened in an application-related manner. Contents at a glance:

- Applications of Cognitive Robot Systems
- Cognitive perception-action systems
- Components of robot systems
- Sensor components as basis for autonomy
- Coordinate systems and transformations
- Visual Servoing of a robot arm
- Representation of environment
- Robot motion planning
- Probabilistic robot localisation
- Online robot learning for navigation
- Robotics simulation
- Programming of cognitive robot systems
- Robot Operating System

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

Students should get to know possible architectures of cognitive robot systems. They should understand selected methods to solve motion planning and robot navigation, self localisation and obstacle avoidance, and should be familiar with the basic mathematics. For selected problems, they should be able to propose and evaluate potential configurations for cognitive robot systems.

### **Literatur**

- R. Arkin: Behavior-Based Robotics, The MIT Press, 1998.
- H. Choset, at al.: Principles of Robot Motion, MIT Press, 2005.
- J. Latombe: Robot Motion Planning, Kluwer Academic Publishers, 1991.
- S. NIKU: Introduction to Robotics, Prentice Hall, 2001.
- B. Siciliano, O. Khatib: Handbook of Robotics, Springer, 2008.
- Ausgewählte Zeitschriftenartikel.
- Aktuelle eigene Artikel sowie Bachelor-/Master-/Doktorarbeiten.

**Kursname laut Prüfungsordnung**

Computer / Robot Vision

**Course title English**

Computer / Robot Vision

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
6	WS	Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Veranstaltung behandelt Methoden zur Extraktion von geometrischen Strukturen aus Einzelbildern und bei dynamischen Szenen die Erfassung und Charakterisierung der Objektbewegungen aus Bildfolgen. Für Robotik-Anwendungen werden Methoden zur Kameramodellierung, und darauf basierend Methoden zur 3D Hindernislokalisierung und zur automatisierten 3D Szenenrekonstruktion behandelt. Inhalte im Einzelnen:

- Einführung (Anwendungen, Verarbeitungsablauf)
- Medium-Level Strukturextraktion (Geraden, Konturen, Aktive Konturen, Hough-Transformation)
- Kameramodellierung (Linsen, Kamermerkmale, Projektionsmodelle, Bildentstehung, Kamerakalibrierung)
- Bildfolgenanalyse (änderungsdetektion, Objektverfolgung, Optischer Fluss, Korrespondenzanalyse)
- Hindernisdetektion und Kartenerstellung (Objektlokalisierung, Kameralokalisierung, Dynamische Szenenrekonstruktion)

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen die zu zugrunde liegenden mathematischen Ansätze verstehen und unter Verwendung einer Computer Vision Plattform entsprechende Verfahren implementieren, sowie über die Eignung ausgewählter Computer/Robot Vision Verfahren für bestimmte Aufgabenstellungen urteilen können.

**Description / Content English**

The course treats methods for extraction of geometric structures from single images and for dynamic scenes the extraction and characterisation of object movements from image sequences. For robot applications, methods for camera modelling, 3D obstacle localisation, and automatic 3D scene reconstruction are treated. Contens at a glance:

- Introduction (applications, processing steps)
- Medium-level processing (extraction of lines and contours, snakes, Hough transformation)
- Camera modelling (lenses, projections, calibration, image formation)
- Image sequence analysis (change detection, object tracking, optical flow, feature matching)
- Obstacle detection and map building (object and camera localisation, dynamic scene reconstruction)

**Learning objectives / skills English**

The students should understand the basic mathematics, be able to implement certain approaches on a Computer Vision platform, and judge the qualification of selected Computer/Robot Vision approaches for certain tasks.

## Literatur

- D. Forsyth: Computer Vision - A Modern Approach; Prentice Hall, 2002.
- R. Hartley, et al.: Multiple View Geometry in Computer Vision, Cambridge University Press, 2004.
- N. Paragios, Y. Chen: Handbook of Mathematical Models in Computer Vision, Springer, 2006.
- S. Prince: Computer Vision - Models, Learning, Inference, Cambridge University Press, 2012.
- R. Szeliski: Computer Vision - Algorithms and Applications, Springer, 2011.
- E. Trucco, et al.: Introductory Techniques for 3D Computer Vision; Prentice Hall, 1998.
- Ausgewählte Zeitschriftenartikel.
- Aktuelle eigene Artikel sowie Bachelor-/Master-/Doktorarbeiten.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Dielektrische und magnetische Materialeigenschaften****Course title English**

## Dielectric and Magnetic Material Properties

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

In dieser Veranstaltung werden die theoretischen Grundlagen zum Verständnis der dielektrischen und der magnetischen Materialeigenschaften gelehrt. Es werden die den dielektrischen Materialien zugrunde liegenden Polarisationsmechanismen anhand von Modellen erläutert. Der Magnetismus wird auf der Basis atomarer Vorgänge beschrieben. Hysteresebehaftete dielektrische und magnetische Materialien werden ebenso diskutiert wie nichtlineare Prozesse. Parallelen zwischen beiden Materialklassen werden aufgezeigt. Anwendungsbeispiele aus der Energietechnik (Isolatoren), der Mikro- und Nanoelektronik (Isolatoren, Ladungsspeicher, magnetische Speicher Sensoren) und der Nanooptoelektronik (Wellenleiter, Metamaterialien) werden diskutiert und unter nanospezifischen Gesichtspunkten erläutert.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Im Anschluss an diese Vorlesung ist die oder der Studierende in der Lage, das makroskopische dielektrische und magnetische Verhalten von Werkstoffen und Nanostrukturen anhand atomarer Vorgänge zu erklären. Sie oder er kann die unterschiedlichen Materialien nach verschiedenen Gesichtspunkten sortieren. Für definierte Anwendungen kann sie oder er geeignete Materialien und Materialkombinationen auswählen.

**Description / Content English**

The content of this lecture are the fundamentals of dielectric and magnetic materials. For the dielectric materials the mechanisms of the polarisation will be discussed. The magnetismus will be explained on the atomic basis. Correlations between both material classes will be shown and examples of applications will be discussed.

**Learning objectives / skills English**

The students are able to explain the macroscopic behaviour of the different material classes on the basis of their atomic structure. They can find for each application the right material.

**Literatur**

- 1) W. Kowalsky: Dielektrische Werkstoffe der Elektrotechnik und Photonik, B. G. Teubner Stuttgart 1994
- 2) G. Fasching: Werkstoffe der Elektrotechnik, Springer-Verlag 1994
- 3) E. Ivers-Tiffée, W. von Münch: Werkstoffe der Elektrotechnik, B. G. Teubner 2004
- 4) W. v. Münch: Elektrische und magnetische Eigenschaften der Materie, B. G. Teubner 1987
- 5) K. Kopitzki: Einführung in die Festkörperphysik, B. G. Teubner 1993
- 6) J. F. Nye: Physical properties of crystals, Oxford Science Publications 1985
- 7) Ch. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik, Oldenburg Verlag 2002
- 8) S. Chikazumi: Physics of Magnetism, Robert E. Krieger Publishing Company, 1978
- 9) R. Waser [Ed.], Nanoelectronics and Information Technology, Advanced Electronic Materials and Novel Devices, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003



**Kursname laut Prüfungsordnung****Digitale Schaltungstechnik****Course title English**

Digital Circuit Technology

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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 Speicher-Bauelementen. Ein abschließendes Kapitel widmet sich den FPGAs. Ihre Architektur wird vorgestellt und die Vorgehensweise bei der Schaltungsimplementierung anhand von einigen Beispielen vermittelt.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

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.

**Description / Content English**

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. Auflage, Pearson Addison Wesley

**Kursname laut Prüfungsordnung**

Distributed Systems

**Course title English**

Distributed Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
6	WS	Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
3	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen, Protokolle, Algorithmen und Architekturen Verteilter Systeme und können diese anwenden.

**Description / Content English**

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.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Entwicklung sicherer Software****Course title English**

Development of Safe and Secure Software

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
6	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
3	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Der Terminus "Sicherheit" wird in zwei Bedeutungen verwendet: Safety bedeutet, dass ein System funktioniert, ohne seine Umwelt zu gefährden. Security bedeutet, dass ein System vor Angriffen aus seiner Umwelt geschützt werden muss. Software muss so konstruiert werden, dass das System, innerhalb dessen die Software eingesetzt wird, geforderte Sicherheitseigenschaften erfüllt. Bisher wurden Safety und Security weitgehend getrennt betrachtet und behandelt. Jedoch sind immer mehr Systeme sowohl Safety- als auch Security-kritisch. Diese Veranstaltung zeigt Wege auf, Software so zu konstruieren, dass sie beiden Arten von Sicherheit gerecht wird.

## Inhalt im Einzelnen:

- Konzept von Safety, Terminologie
- Konzept von Security, Terminologie
- Typische Safety-Anforderungen
- Typische Security-Anforderungen (Vertraulichkeit, Verfügbarkeit, Integrität und deren Derivate)
- Zusammenhang von Safety und Security, sich ergänzende und sich widersprechende Ziele
- Bedrohungsanalysen für Safety und Security (z.B. Hazard Analysis, Angreifermodellierung)
- Sicherheit von Systemen vs. Sicherheit von Software
- Bedrohungs- und Risikoanalyse
- Maßnahmen zur Etablierung von Safety- und Security-Eigenschaften (z.B. Sicherheitsarchitekturen, Sicherheitsinfrastrukturen, Protokolle)
- Standards für Safety und Security (IEC 61508, ISO 27001, Common Criteria)
- Prozess zur Entwicklung sicherer Software (Erhebung und Repräsentation von Sicherheitszielen, Abwägung konfliktierender Anforderungen, Auswahl von Sicherheitsmechanismen, Einfließen von gewählten Sicherheitsmechanismen in die Architektur der Software, Implementierungs- und Testaspekte)

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

- Safety und Security beschreiben und deren Zusammenhänge erklären können
- Sicherheit von Systemen mit Sicherheit von Software in Verbindung setzen können
- Techniken zur Spezifikation von Sicherheitseigenschaften kennen und anwenden können
- Rolle von Standards erklären können
- Techniken zur Etablierung von Safety und Security nennen und erklären können
- Erklären können, wie Software so konstruiert werden kann, dass Sicherheitsanforderungen von vorneherein berücksichtigt werden

**Description / Content English**

Safety means that a system works without endangering its environment. Security means to protect a system against attacks from its environment. Software must be developed in a way, that the system containing the software fulfills the safety and security requirements. Up to now, safety and security were mostly considered

separately. In the near future we will have an increasing number of systems that have to satisfy safety as well as security requirements. This course shows how to construct software that contributes to safety as well as security.

Content in detail:

- Concept of safety, terminology
- Concept of security, terminology
- Typical safety requirements (functional properties)
- Typical security requirements (confidentiality, availability, integrity, and their refined versions)
- Interrelationships of safety and security, supplementary and conflicting objectives.
- Safety and security of systems vs. safety and security of software
- Threat and risk analysis
- Measures to establish safety and security properties (e.g., architectures, infrastructure and protocols)
- Standards for safety and security (IEC 61508, ISO 27001 Common Criteria)
- Process for developing safe and secure software (Safety and security objectives elicitation, requirements engineering and analysis, selection of safety and security mechanisms, safety and security mechanisms in the software architecture, implementation and testing issues)

### Learning objectives / skills English

The students are able to

- describe safety and security and explain their interrelationship,
- explain relationship between safety and security of systems and of software,
- know and use techniques for specification of security and safety properties,
- explain the role of standards
- know and explain techniques to establish safety and security properties,
- explain how to develop software in a way that security and safety requirements are considered from the beginning

### Literatur

- Anderson, R. Security Engineering, Wiley 2001.
- Pfleeger, C. P. Security in Computing, Prentice Hall, 2003.
- Markus Schumacher, Eduardo Fernandez-Buglioni, Duane Hybertson, Frank Buschmann, and Peter Sommerlad. Security Patterns - Integrating Security and Systems Engineering. Wiley, March 2006.
- Nancy Leveson. Safeware: System Safety and Computers. Addison-Wesley, 1995.
- International Electrotechnical Commission. Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-relevant systems, 1998.
- Common Criteria for Information Technology Security Evaluation, 1999, siehe <http://www.commoncriteria.org>
- sowie weitere Literatur zu diesem Thema gemäß Mitteilung in der Veranstaltung

**Kursname laut Prüfungsordnung****Entwurf digitaler Systeme für FPGAs Praktikum****Course title English**

Design of Digital Systems for FGPA Lab

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		3	

**Prüfungsleistung**

Die Endnote setzte sich aus folgenden Teilleistungen zusammen:

Praktischer Teil:

- erfolgreich absolvierte Praktikumstermine
- Vorbereitungsaufgaben

Schriftlicher Teil:

- 90min Klausur

Das gesamte Praktikum gilt nur als bestanden, wenn jede einzelne Teilleistung erfolgreich bestanden wurde.

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Der Student hat die Grundlagen von Verilog erlernt. Er versteht 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.

### Description / Content English

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-seq 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 student is familiar with the basics of Verilog. He understands the concepts of combinational and sequential logic. State-machines can be created and used for complex controlling problems. He can handle the ISE Xilinx design-tool and test the written program on an FPGA-Board.

### Literatur

1. Advanced FPGA Design, S Kilts
2. Verilog by example, B. C. Readler

**Kursname laut Prüfungsordnung****Fahrzeugtechnik****Course title English**

Vehicle Technology

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		

**Prüfungsleistung**

Schriftliche Klausur (120 min)

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Fahrzeugtechnik ist heute einer der wichtigsten technischen Bereiche, in dem die Mechatronik als Entwicklungskonzept für technische Produkte umgesetzt wird. Das Automobil stellt dabei ein mechatronisches Gesamtsystem dar, welches neben mechanischen Teilsystemen wie Fahrwerk oder Antriebsstrang auch nichtmechanische Systemkomponenten wie Regler, Sensoren, Bremshydraulik sowie die gesamte Informationsverarbeitung umfasst. Für die Vorlesung ergibt sich vor diesem Hintergrund folgender inhaltlicher Aufbau: Grundlagen der Fahrzeugmechanik; Modellierung von Fahrzeugkomponenten (Rad-Straße-Kontakt, Antriebsstrang); Modellierung der Längs-, Quer- und Vertikaldynamik eines Kraftfahrzeuges mit besonderem Fokus auf dem linearen Einspurmodell; Anwendungen der Fahrdynamiksimulation auf unterschiedliche konkrete Fragestellungen aus der Fahrzeugsystemtechnik; Einführung in Funktion und Entwicklung von Fahrdynamikregelsystemen (wie z.B. ABS, ASR, ESP, ACC) und Fahrerassistenzsystemen.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden kennen und verstehen den Aufbau, die Funktion und das Zusammenwirken der Systeme und Komponenten eines Kraftfahrzeugs.

**Description / Content English**

Today, automotive engineering is one of the most important technical areas in which mechatronics is implemented as a development concept for technical products. The automobile represents an overall mechatronic system, which, in addition to mechanical subsystems such as chassis or drive train, also includes non-mechanical system components such as controllers, sensors, brake hydraulics and the entire information processing system. Against this background, the lecture is structured as follows: basics of vehicle mechanics; modelling of vehicle components (wheel-road contact, drive train); modelling of longitudinal, transverse and vertical dynamics of a vehicle with a special focus on the linear single-track model; applications of vehicle dynamics simulation to different concrete questions from vehicle system technology; introduction to the function and development of vehicle dynamics control systems (e.g. ABS, ASR, ESP, ACC) and driver assistance systems.

**Learning objectives / skills English**

Students will know and understand the construction, the functions and the interaction of the systems and components of the vehicle.

**Literatur**

- Eigenes Manuskript/Foliensatz
- Mitschke, M.; Wallentowitz, H.: Dynamik der Kraftfahrzeuge.

- Gillespie, Th. Fundamentals of Vehicle Dynamics SAE, 1992
- 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 Language

**Kursname laut Prüfungsordnung****Hochfrequenzschaltungen und Leistungsbauelemente****Course title English**

RF Circuits and Power Devices

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind fähig, die grundlegenden Konzepte elektronischer Schaltungen zu verstehen und das Verhalten einfacher Schaltungen abschätzen bzw. berechnen zu können.

**Description / Content English**

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.

**Learning objectives / skills English**

The students are able to understand and analyse the AC-characteristics of complex analog and digital circuits.

**Literatur**

- 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

**Kursname laut Prüfungsordnung****Hochfrequenzschaltungen und Leistungsbauelemente Praktikum****Course title English**

RF Circuits and Power Devices Lab

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
1	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		1	

**Prüfungsleistung****Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Das Praktikum ergänzt die Veranstaltung "Hochfrequenz-FET- und Bipolarelektronik" und umfasst 3 Versuche. Es werden

- analoge Grundschatungen gemessen und analysiert,
- HF-Modelle von Feldeffekt- und Bipolartransistoren untersucht sowie
- Verstärkerschaltungen auf Basis von Feldeffektransistoren mittels einfacher Modelle und eines Schaltkreissimulators untersucht.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind in der Lage Bauelemente und einfache Schaltungen der Elektronik und Hochfrequenztechnik messtechnisch zu erfassen und theoretisches Wissen über Grundlagen und Verfahren der Elektronik und Hochfrequenztechnik auf praktische Funktionen anzuwenden.

**Description / Content English**

The lab is a supplement of the lecture "RF-FET and Bipolar Electronics" to intensify the understanding of the analysis of electronic circuits.

It consists of three practical exercises:

- the investigation of analog circuits
- the investigation of RF-models of Field-Effect- and bipolar transistors and
- the analysis of amplifier circuits using a circuit simulator

**Learning objectives / skills English**

The students are able to measure electronic devices and circuits, to interpret the measurement results and to optimize amplifier circuits.

**Literatur**

- Versuchsbeschreibungen
- Vorlesungsskript zur Veranstaltung "Grundschatungen der FET- und Bipolarelektronik"

**Kursname laut Prüfungsordnung****Höchstfrequenz- und Terahertz-Halbleitertechnologien****Course title English**

High frequency and terahertz semiconductor technologies

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
3	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Veranstaltung vertieft die technologischen Verfahren zur Herstellung von nanostrukturierten Materialien und Komponenten und die zugehörigen Analysemethoden an aktuellen Beispielen aus der Bauelementherstellung. Dies beinhaltet:

- Moderne Wachstumstechniken für monoatomlagengenaue Schichtdeposition wie Metallorganische-Gasphasenepitaxie (MOVPE) und Molekularstrahlepitaxie (MBE), bezüglich Zusammensetzung, Kontrolle der Schichtdicke und Dotierung.
- Nutzung von Selbstorganisationsmechanismen und Templateprozessen.
- Fortgeschrittene hochauflösende Lithographieverfahren zur Erzeugung nanoskaliger Strukturen (Elektronen-Röntgenstrahl- sowie Rastersonden-Lithographie).
- Mikro- und nano-elektronische Fertigungstechniken für elektronische und optoelektronische Nanokomponenten, u.a. für Höchstfrequenzanwendungen.
- Laterale und vertikale Verarbeitung von Epitaxie-Filmen, Isolierschichten und Metallisierungen bis hin zu monolithisch integrierten nanoelektronischen Schaltungen.
- Zerstörungsfreie Analyse der Nanostrukturen und Bauelemente durch hochauflösende Röntgenstrahl-Beugung und durch die Nutzung der Wechselwirkung von Elektronensonden mit den Materialien.
- Analyseverfahren mit mechanischen Sonden (Raster-Tunnel- und die Raster-Kraft-Mikroskopie)

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind fähig, den Brückenschlag von grundlegenden Konzepten bei der Herstellung und Charakterisierung von Nanostrukturen zur konkreten Anwendung in der Fabrikation elektronischer und optoelektronischer Nanokomponenten vorzunehmen.

**Description / Content English**

The lecture should improve the knowledge on the technological procedures to fabricate nano-structured materials and components as well as the accompanying analysis methods with help of actual examples from the electronic device production.

This contains:

- Modern growth technologies for layer deposition in the range of mono-atom-layers like metal-organic vapour phase epitaxy (MOVPE) and molecular beam epitaxy (MBE), with regard to composition, control of the layer thickness and doping.
- Use of self organization mechanisms and template processes.
- Advanced high-resolution lithography procedures for the production of nano-scaled structures (electron beam, X-ray as well as scanning force lithography).
- Micro- and nano-electronic fabrication techniques for electronic and opto-electronic nano-components, e.g. for high frequency applications.

- Lateral and vertical processing of epitaxial films, insulating layers and metallisations up to monolithic integrated nano-electronic circuits.
- Non destructive analysis of nano-structures and devices by high-resolution X-ray diffraction and by the use of the interaction of electron probes with the materials.
- Analysis methods with mechanical probes (scanning tunneling and the scanning force microscope)

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

The students are able to transfer the basic concepts concerning the fabrication and characterization of nano-structures to real applications like the fabrication of electronic and opto-electronic nano-components.

#### **Literatur**

- 1 E.H.C.Parker (ed.): The technology and Physics of Molecular Beam Epitaxy, New York, Plenum Press 1985
- 2 G.B.Stringfellow: Organometallic Vapor-phase epitaxy; Academic Press, San Diego, 1989

**Kursname laut Prüfungsordnung**

How to protect your innovations

**Course title English**

How to protect your innovations

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
2	WS	Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
			2

**Prüfungsleistung**

Einschließlich einiger Fragen, wie man gewerbliches Schutzrecht beantragt, aufrecht erhält und durchsetzt.

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Dieses Seminar deckt alle Aspekte des Gewerblichen Rechtsschutzes ( Intellectual property law- IP law) für Bachelor und Master Studenten aller Fachrichtungen ab und wird als nicht-technisches Fach angeboten.

Themen des Seminars sind:

- Grundsätzliche Informationen über Schutzrechte, einschließlich einem Überblick über Patente, Gebrauchsmuster, Design Rechte, Handelsmarken etc.
- Was kann geschützt werden?
- Woher bekomme ich Informationen über Schutzrechte? Was kann ich mit diesen Informationen anfangen?
- Informationsmanagement
- Wie beantrage ich ein Schutzrecht?
- Veranschaulichende Beispiele für Schutzrechte wie Patente, etc.
- Andere Schutzrechte – strategische Betrachtung
- Internationales IP Law – Schutzrechte im Ausland
- Verwertung von Schutzrechten

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studenten sollen ein grundsätzliches Verständnis der Gewerblichen Schutzrechte haben und wissen:

- Welches Schutzrecht ist für welchen Aspekt der eigenen Idee geeignet?
- Welche Unterstützung kann ich bei wem erhalten?
- Worauf habe ich vor und nach der Anmeldung eines Schutzrechtes zu achten?
- Wie kann ich mein Schutzrecht durchsetzen?

**Description / Content English**

The seminar covers all aspects of intellectual property law ( IP law) for bachelor and master students of all courses as well as for students of other courses and is offered as non-technical subject. Topics of the seminar are:

- Basic information about protective rights including an overview over patents, utility models, design rights, trademarks etc.
- What can be protected?
- Where can I obtain information as to such protective rights? What can I do with such information?
- Information Management
- How to apply for a protective right?
- Illustrative examples for protective rights such as patents, etc.
- Other protective rights – strategic considerations
- International IP Law – IP rights abroad
- Exploiting IP-rights

### Learning objectives / skills English

The students should have a basic understanding of the system of IP Rights and should know:

- Which IP right protects which aspect of my innovation?
- Who can help me concerning IP rights?
- What do I have to take care of before and after filing an IP right application?
- How can I enforce my IP right?

### Literatur

- Information from the German Patent Office: Download from: [www.dpma.de](http://www.dpma.de)
- Information from the European Patent Office: Download from: [www.european-patent-office.org](http://www.european-patent-office.org)
- Information from the WIPO: Download from the WIPO.org
- Dieter Rebel, Industrial property rights, Carl Heymanns Verlag 2007
- Handbook of Industrial Property Rights, loose-leaf-collection, Carl Heymanns Verlag

**Kursname laut Prüfungsordnung****Industrielle Messtechnik****Course title English**

Industrial Measurement Instrumentation

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
3			

**Prüfungsleistung**

Die Prüfung zur Veranstaltung wird als mündliche Fachprüfung angeboten. Abweichend kann bei rechtzeitiger Bekanntgabe zu Semesterbeginn alternativ verbindlich eine schriftliche Fachprüfung festgelegt werden.

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Ziel der Veranstaltung ist es, die Studierenden mit Aufbau, Funktionen und Anforderungen industrieller Messgeräte für die Durchfluss- und Mengenmessung vertraut zu machen.

In der Vorlesung werden allgemeine und spezielle schaltungstechnische Lösungen für Messgeräte an Beispielen der Strömungsmessung ausgehend von den Anforderungen erarbeitet. Hierbei werden verschiedene moderne berührungslose Messverfahren beispielhaft besprochen:

- Magnetisch Induktiver Durchflussmesser (MID)
- Coriolis Massendurchflussmesser (CMD)
- Wirbelzähler (WZ)
- Ultraschall Durchflussmesser (UL)
- Thermischer Massedurchflussmesser (TMD)

Zugehörige übungen werden unterstützt von Anschauungsmodellen vorlesungsbegleitend integriert.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studenten können grundlegende Herangehensweisen der Messtechnik für den industriellen Einsatz unterscheiden und messtechnischen Problemstellungen der Strömungsmessung zuordnen. Sie kennen typische und neuartige Verfahren der Erfassung, messtechnischen Ableitung, Signalverarbeitung und -Konditionierung von Durchfluss- und Mengen-Messgrößen. Spezielle Aspekte rauer Betriebsumgebung und Umfeldparameter in industriellen Anwendungen messtechnischer Komponenten sind ihnen bekannt und können hinsichtlich ihrer Querempfindlichkeitswirkung von den Studenten eingeschätzt und in konkretes ingenieurmäßiges Handeln bei der Auslegung solcher Systeme umgesetzt werden.

**Description / Content English**

The aim of the course is to familiarise students with the structure, features and requirements of industrial instruments for flow and quantity measurement. In the lecture general and special technical circuit solutions will be developed for instrumentation exemplified on the flow measurement starting from the requirements.

Different modern non-contact measuring Systems will be discussed like:

- Electromagnetic flowmeters
- Coriolis mass flowmeters
- Vortex flowmeters
- Ultrasonic flowmeters
- Thermal mass flowmeters

Related exercises supported by illustrative models are integrated parts of the lectures.

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

The students can distinguish basic approaches of measurement technology for industrial use and assign to metrological problems of flow measurement. They know typical and novel methods of acquisition, metrological derivation, signal processing and -conditioning of flow and volume measures. Special aspects of harsh operating environments and environment parameters in industrial applications of metrological components are known to them and can be assessed by the students with regard to their lateral sensitivity effect and can be implemented in concrete engineer-like action in the design of such systems.

### **Literatur**

--

**Kursname laut Prüfungsordnung****Informationstechnik in der elektrischen Energietechnik****Course title English**

Information Technology in Electrical Power Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

In Energieanlagen nimmt die Informationsverarbeitung einen hohen Stellenwert ein. Die sich durch die physikalische Struktur des Energienetzes ergebenden Leistungsflüsse werden durch ein Informationsnetz logisch abgebildet. Neben Verfahren zur Informationsgewinnung werden Methoden zur Informationsübertragung mit der dazu notwendigen Protokollierung behandelt. Einen Schwerpunkt bilden die in Energieanlagen eingesetzten Feldbusssysteme mit ihren besonderen Sicherheitsmechanismen.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind in der Lage, Systeme der Informationsverarbeitung in Energieanlagen zu konzipieren und zu betreiben. Sie kennen Verfahren zur Informationsgewinnung sowie zur Informationsübertragung und können geeignete Übertragungskanäle sowie -protokolle auswählen.

**Description / Content English**

In the context of energy systems, information processing is accorded a high degree of significance. Power flows resulting from the physical structure of the energy network are represented through an information network. Besides the techniques to extract information, methods for information processing and the required logging methods are dealt with. One focus is formed by field bus systems and their special safety mechanisms used in energy plants.

**Learning objectives / skills English**

Students are able to design and operate systems for information processing in energy plants. They know techniques to extract as well as transfer information and are able to choose appropriate transmission channels and protocols.

**Literatur**

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

**Kursname laut Prüfungsordnung****Innovationsmanagement****Course title English**

Management of Innovations

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
2	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2			
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Im Mittelpunkt der Veranstaltung stehen die Erfolgsfaktoren des Innovations-management, angefangen im nationalen Vergleich, in den (industriellen) Unternehmen bis hin zu der einzelnen kreativen Person. Das Management von Innovationen zielt nicht nur auf Produktinnovationen ab, sondern auch auf neue Strukturen, Abläufe, Führungsverhalten oder neue Anreizsysteme.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden kennen die Grundlagen und Einflussfaktoren des Managements von Innovationen und sind in der Lage, das Innovationsmanagement in dem umfassenderen Kontext des Managements sowohl auf Länderebene als auch von Organisationen und Unternehmens-strategien einzuordnen und zu bewerten.

**Description / Content English**

The lecture will focus on success factors for innovation management by assessing economies, (industrial) companies and the creative individual. The management of innovations is not focused only on product innovations but also on structures, processes, management behavior and new incentive programs.

**Learning objectives / skills English**

The students know the basics and influences of the management of innovations and can classify this management within the context of management of economies, organizations and corporate strategy and evaluate those.

**Literatur**

- Thomas Stern / Helmut Jaberg: Erfolgreiches Innovations-management. Erfolgsfaktoren – Grundmuster – Fallbeispiele. 4. überarbeitete Auflage, Verlag Gabler 2010
- Jürgen Hauschmidt, Sören Salomo: Innovationsmanagement. 4. Auflage. Verlag Vahlen, München 2007
- Bundesverband der Deutschen Industrie e. V.: Innovationsindikator
- Strategy& | PwC: THE GLOBAL INNOVATION 1000 - Jährliche Veröffentlichungen
- 5. Vijay Govindarajan / Chris Trimble: Reverse Innovation. Harvard Business School Press, 10. April 2012
- Clayton M. Christensen: The Innovator's Dilemma, Harper Business, Okt. 2011

**Kursname laut Prüfungsordnung****Internet of Things: Protocols and System Software****Course title English**

## Internet of Things: Protocols and System Software

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
6	SS	Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Vorlesung vermittelt eine Einführung in das Themengebiet des „Internet der Dinge“ (IoT), in dem Milliarden eingebetteter Systeme (Sensoren, Aktuatoren) in Echtzeit kontinuierlich Daten über die reale Welt im Internet verfügbar machen. Behandelte Themen sind insbesondere: Kommunikationsprotokolle (z.B. IEEE 802.15.4, NBLoT, 6LoWPAN, MQTT), Sensordatenmodellierung und -verwaltung (z.B. linked data, RDF, SSN), Datenzugriff und Plattform-APIs (z.B. web-basierte Systeme, SPARQL, kontinuierliche Anfragen, Complex Event Processing). Neben der Vermittlung theoretischen Wissens, wird in der Übung – im Rahmen von Gruppenprojekten – die praktische Programmierung von IoT-Systemen vermittelt, z.B. mit Arduino-Geräten und Raspberry Pies.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Veranstaltung vermittelt Studierenden ein Verständnis des zukünftigen Internets der Dinge (IoT), der neu auftretenden Anforderungen sowie der technischen Grundlagen, Konzepte, Architekturen und Protokolle. Die Studierenden sollen diese sowohl theoretisch bewerten als auch praktisch einsetzen können, weswegen die Vorlesung von einer praktischen Übung begleitet wird. Schwerpunkte sind insbesondere die IoT-Gerätevernetzung und IoT-Systemsoftware. Hierbei sollen die Studierenden vor allem lernen, welche Unterschiede zu klassischen Internettechnologien und Systemen / Plattformen existieren und woraus diese resultieren.

**Description / Content English**

The so-called Internet of Things (IoT) is the next step in the evolution of the Internet and is widely expected to change our world in the most fundamental way. Billions of small embedded electronics will make our physical world „smart“, continuously delivering real time information about the state of people, physical structures and the environment, like movements, heat levels, pollution levels and air pressure. In addition, the world becomes ‘programmable’ and physical environments can be changed automatically by software services running in the Cloud.

This course introduces students to the Internet of Things (IoT), its challenges and technologies. Topics of interest include: communication protocols (e.g. IEEE 802.15.4, NBLoT, 6LoWPAN, MQTT), data modelling and storage (e.g. ontologies, linked data, RDF, SSN), data access and platform APIs (e.g. web systems, SPARQL, continuous queries, complex event processing). Besides providing theoretical knowledge, the course also aims at teaching students how to use IoT technologies to realise real systems. To this end, students perform group projects to develop IoT software for current prototype hardware platforms like Arduino and Raspberry Pies.

**Learning objectives / skills English**

The course introduces students into challenges, concepts and technologies of the Internet of Things (IoT). Students will learn the theoretical backgrounds. They will be able to analyse and assess existing IoT systems and will practise to design and implement new ones. The focus of the course will be on IoT networking and system software. Which concepts and technologies are used in IoT? How and why do they differ from existing Internet technologies? These questions will be answered in the course.

## Literatur

Aktuelle Forschungsveröffentlichungen  
Details werden in der Vorlesung diskutiert

**Kursname laut Prüfungsordnung**

**IOS-Wahlkatalog**

**Course title English**

IOS Electives Catalogue

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
0	WS/SS	Deutsch/Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>

**Prüfungsleistung**

Modulteilprüfung (benotet)

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Mit diesem Modul soll den Studierenden die Möglichkeit gegeben werden „nicht-technische Fächer“ zu belegen. Die Veranstaltungen können aus dem gesamten Angebot der Universität Duisburg-Essen gewählt werden, wobei das „Institut für Optionale Studien“ (IOS) einen Katalog mit Veranstaltungen aus dem so genannten Ergänzungsbereich vorhält.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Ziel des Moduls ist die Vertiefung der Allgemeinbildung der Studierenden und ggf. der sprachlichen Kompetenz der Studierenden, sowie eine Stärkung der Berufsbefähigung durch das Erlernen von Teamfähigkeit und Präsentationstechniken.

**Description / Content English**

This module offers the students the opportunity to, besides the pure technical courses they take, attend some so called „non-technical subjects“ and latter provide an attest for them.

These courses can be chosen from the overall offers of the Duisburg-Essen university, whereby the „Institut für Optionale Studien“(IOS) proposes a catalog containing courses which fall under the named supplementary area.

**Learning objectives / skills English**

The module aims at deepening the general knowledge of the students and resp. at improving their language skills as well as strengthening their professional qualifications through the learning of teamwork and expose techniques.

**Literatur**

Spezifisch für das gewählte Thema

**Kursname laut Prüfungsordnung****Kognitive technische Systeme****Course title English**

Cognitive Technical Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

- Einführung
- Motivation
- Aufgabenfelder
- Prinzipien
- Agenten
- Verhaltenskoordination (bei Agenten)
- Verhaltensbeschreibung
- Modellbildung menschlicher Interaktion
- Kognitive Architekturen
- Wissensrepräsentation
- Planen, Handeln, Suchen
- Lernen

Tools I: Filterung

Tools II: Klassifikation und Lernen

Aktuelle Forschungsanwendungen des Lehrstuhls SRS aus dem Arbeitsbereich Kognitive Technische Systeme:

- Situations-Operator-Modellbildung
- Stabilisierung nichtlinearer dynamischer Systeme ohne Modellkenntnis
- Personalisierte, lernfähige und interaktive Fahrerassistenz
- Planungs- und Assistenzsysteme im Luftverkehr
- Lernfähige mobile Robotik

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Automatisierungstechnik ist – auf Grund ihres fachübergreifenden, system-orientierten Ansatzes – eine interdisziplinäre Ingenieurdisziplin. Das Ziel der Veranstaltung Kognitive Technische Systeme ist, die Studierenden mit den Grundlagen der modernen Informatik, mit Filtermethoden, mit Methoden der Künstlichen Intelligenz sowie der Kognitiven Technischen Systeme vertraut zu machen, so dass sie die Weiterentwicklung der Regelungs- und Automatisierungstechnik mit den Mitteln der kognitiven künstlichen Intelligenz im Sinne einer Erweiterung erkennen können, die zugrundeliegenden Methoden beherrschen und anwenden können.

**Description / Content English**

- introduction
- motivation
- Task fields basics
- principle
- agents

- Behavior coordination (with agents)
- behavioral description
- Modelling human interaction
- cognitive architectures
- knowledge Representation
- Planning, action, Search
- learning

#### Tools I: Filtering

#### Tools II: Classification and Learning

Current research applications of the Department of SRS the workspace Cognitive Technical Systems:

- Situations operator modeling
- Stabilization of nonlinear dynamic systems without model knowledge
- Personalized, adaptive and interactive driver Assistance
- Planning and assistance systems in aviation
- Adaptive mobile robotics

#### Learning objectives / skills English

Automation technology - due to their interdisciplinary, systems-oriented approach - is an interdisciplinary engineering discipline. The aim of the lecture Cognitive Technical Systems, is to familiarize the students with the basics of modern computer science, with filtering methods, with methods of artificial intelligence and cognitive technical systems, enabling them to recognize the development of control and automation technology with the means of cognitive artificial intelligence in the sense of an expansion, and to master and use the underlying methods.

#### Literatur

Alpaydin, E.:

Maschinelles Lernen, Oldenbourg, 2008. (idt.: Machine Learning, MIT Press, 2003).

Cacciabue, P.C.:

Modelling and Simulation of Human Behaviour in System Control, Springer, 1998.

Ertel, W.:

Grundkurs der Künstlichen Intelligenz, Vieweg, 2008.

Görz, G. et al.:

Handbuch der Künstlichen Intelligenz, Oldenbourg, 2003.

Haykin, S.:

Neural Networks and Learning Machines, Pearson, 2009.

Johannsen, G.:

Mensch-Maschine-Systeme, Springer, 1993.

Russel, S.; Norvig, P.:

Künstliche Intelligenz, Pearson, 2004. (idt.: Artificial Intelligence, Prentice Hall, 2003).

**Kursname laut Prüfungsordnung****Manipulatortechnik****Course title English**

Manipulator Technology

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		

**Prüfungsleistung**

Schriftliche Prüfung von 120 Minuten

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

In dieser Vorlesung werden die wesentlichen Grundlagen der Robotik zusammengestellt, wobei sich die Betrachtungen in erster Linie auf Industrieroboter als frei programmierbare multifunktionale Manipulatoren konzentrieren. Im Einzelnen werden folgende Schwerpunkte behandelt:

- Der Industrieroboter als mechatronisches System
- Einführung der Bauformen und Gestaltungselemente wie Hebel, Gelenke und Antriebe
- Grundlagen der Starrkörpertransformation (Rotationsmatrizen, homogene Transformationen)
- Aufstellung der Roboterkinematik (direkte Kinematik, inverse Kinematik)
- Modellierung der Kinematik nach Denavit-Hartenberg
- Kinematik auf Geschwindigkeitsebene, Aufstellung der Jacobi-Matrix
- Trajektorienberechnung (Trajektorienberechnung für einzelne Antriebe, synchronisierte Punkt-zu-Punkt-Bewegung mehrerer Antriebe, Vorgabe kartesischer Bewegungen)
- Einfache Verfahren zur Kollisionsvermeidung auf Basis von Potentialfeldern

In Beispielen wird die Anwendung dieser Verfahren demonstriert.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind mit typischen Bauformen von Industrierobotern vertraut und in der Lage, die kinematische Beschreibung für Roboterarme aufzustellen. Sie sind in der Lage, Verfahren der Trajektorienberechnung anzuwenden.

Die Studierenden sind für weiterführende Themen wie die Aufstellung der Dynamikgleichungen oder die Regelung von Manipulatoren vorbereitet.

**Description / Content English**

In this course the basic equations of robotic systems are derived. The considerations mainly focus on industrial robots as free programmable multifunctional manipulators. In particular the topics are treated:

- the industrial robot as a mechatronic system
- introduction of typical structures and design elements like links, joints and drives
- fundamental of rigid body transformations (rotation matrices, homogeneous Transformations)
- formulation of robot kinematics (direct kinematics, inverse kinematics)
- modelling of kinematics based on the Denavit-Hartenberg approach
- velocity kinematics, formulation of the Jacobian
- calculation of trajectories (trajectories for individual drives, synchronised point-to-point motion of multidrive systems, prescription of cartesian motion)

- Simple approaches for collision avoidance based on potential fields

Examples demonstrate the application of these methods.

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

The students will become familiar with the typical constructions of industrial robots and will be in a position to set up the kinematic description of robot arm. They will be in a position to apply methods to compute the trajectories of a robot.

The students are prepared for subsequent topics like the modeling of the robot dynamics and the control of manipulators.

### **Literatur**

Spong, M.; et. al.: Robot Modeling and Control, Wiley, 2006

Craig: Introduction to Robotics: Mechanism and Control, Addison Wesley, 1989.

Mc Kerrow: Introduction to Robotics, Addison Wesley, 1991.

Paul: Robot Manipulators, MIT Press, 1981.

Fu, Gonzales, Lee: Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence, 1987.

**Kursname laut Prüfungsordnung**

**Master-Arbeit (einschließlich Kolloquium)**

**Course title English**

Master-Thesis (including colloquium)

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
30	WS/SS	Deutsch/Englisch	1
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>

**Prüfungsleistung**

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

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.

**Description / Content English**

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.

**Learning objectives / skills English**

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

**Kursname laut Prüfungsordnung**

**Masterprojekt (M-EIT)**

**Course title English**

Master Project (M-EIT)

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
8	WS/SS	Deutsch/Englisch	1
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		5	
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

**Description / Content English**

**Learning objectives / skills English**

**Literatur**

**Kursname laut Prüfungsordnung****Masterseminar Intelligente Systeme****Course title English**

## Master Seminar Intelligent Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS/SS	Deutsch/Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
			2
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Studierenden arbeiten sich in ein begrenztes Thema des Forschungsgebietes "Intelligente Systeme" ein, bereiten einen Vortrag dazu vor, führen diesen durch und beantworten dabei zugehörige Fragen. Hinzu kommt weiterhin eine schriftliche Ausarbeitung, die innerhalb einer vorgegebenen zeitlichen Frist zu erstellen ist. Konkrete Themen betreffen etwa die Bild- oder Spektraldataanalyse, das Maschinelle Lernen, oder die Roboterintelligenz.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Durch die erfolgreiche Teilnahme an einem Seminar zeigen die Studierenden, dass sie ein begrenztes Thema eines Forschungsgebietes verstehen, aufarbeiten, einen Vortrag dazu vorbereiten, durchführen und Fragen beantworten, sowie eine Ausarbeitung dazu erstellen können, und zwar innerhalb einer vorgegebenen zeitlichen Frist. Im Seminar des Master-Studiengangs werden üblicherweise anspruchsvolle Themen hoher Aktualität behandelt, und eine hohe Selbständigkeit in der Bearbeitung durch die Studierenden erwartet. Damit trägt das Masterseminar, zusammen mit anderen Master-Veranstaltungen und der Master-Arbeit zur Befähigung zu selbständigem wissenschaftlichen Arbeiten bei.

**Description / Content English**

The students familiarize themselves with a limited topic of the research area "Intelligent Systems", prepare a lecture on it, carry it out and answer related questions. In addition, they write paper within a given period of time. Specific topics include image or spectral data analysis, machine learning, or robot intelligence.

**Learning objectives / skills English**

By successfully participating in the Master's seminar, students demonstrate that they can understand, work through, prepare and conduct a presentation, and answer questions on a limited topic in a research area, and prepare a paper on it within a specified time frame. The seminar of the Master's programme usually deals with challenging topics of high topicality and expects a high degree of autonomy in the work of the students. Thus, the Master's seminar, together with other Master's courses and the Master's thesis, contributes to the ability of independent scientific work.

**Literatur**

Wird individuell mitgeteilt.

**Kursname laut Prüfungsordnung**

MATLAB for Communications

**Course title English**

MATLAB for Communications

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
			3
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Nach einer Einführung in die Syntax von MATLAB werden Anwendungen von MATLAB im Bereich der Nachrichtentechnik behandelt. Wichtige Methoden sind dabei: Faltung, diskrete Fourier-Transformation, Erzeugung von Zufallsvariablen mit definierten Eigenschaften.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Teilnehmer sollen in der Lage sein, numerische Problemstellungen der Nachrichtentechnik mit MATLAB lösen zu können.

**Description / Content English**

After an introduction about the syntax of MATLAB, applications in the field of communication systems are treated. Especially the following methods are discussed: convolution, discrete Fourier transform, generation of random variables with pre-defined properties.

**Learning objectives / skills English**

Participants shall be able to solve numerical problems in the area of communications systems using MATLAB.

**Literatur**

Karl-Dirk Kammeyer, Kristian Kroschel, Armin Dekorsy und Dieter Boss: Digitale Signalverarbeitung: Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB-übungen

Martin Werner: Digitale Signalverarbeitung mit MATLAB

Hans Benker: Mathematik mit MATLAB: Eine Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler

Gerhard Doblinger: Zeitdiskrete Signale und Systeme

Norbert Fliege und Markus Gaida: Signale und Systeme

**Kursname laut Prüfungsordnung****Mechatroniklabor****Course title English**

Mechatronics Practicals

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
		3	
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Studierende können aus einem Katalog von Projektangeboten der Mechatronikbezogenen Lehrstühle Mechanik, Mechatronik und Regelungstechnik und Systemdynamik geeignete Projekte auswählen. Projektangebote können sein:

(1) interdisziplinäre Teamprojekte mit einem Umfang von 3 SWS, in denen Studierende in Teams von ca. 5 Teilnehmern mit unterschiedlichen Spezialdisziplinen (z.B. Mechanik, Steuerungs- und Regelungstechnik, Systemdynamik, Sensorik, Informatik, Mechatronik) eine technische Lösung eines komplexen Problems gemeinsam bearbeiten, lösen, in Betrieb nehmen und dokumentieren. Neben einer Zielsetzung mit hohem Motivationsgrad wird hier der Umgang mit modernster industrieller Technologie erlernt. Beispiele:

- Ball fangender Roboter
- autonom fahrendes Fahrzeug
- mobiler Roboter Adonis
- skalierter Prototyp CARina für Fahrdynamikuntersuchungen.

(2) Auswahl von 3 Praktikumseinheiten à 1 SWS aus den Angeboten der Lehrstühle. Solche Praktikumseinheiten können Zusammenstellungen von Einzelversuchen sein oder aus Begleitpraktika bestehen, die neben der Vorlesung und übung für einzelne Fächer angeboten werden: Beispiele sind:

- Hardware-in-the-Loop-Prüfstand für aktives Lenksystem
- Zustandsregelung eines inversen Pendels
- Beobachterbasierte Regelung eines Torsionsschwingers
- Entwurf eines Störgrößenbeobachters für eine rotierende Welle
- Begleitpraktikum Industrieroboter
- Begleitpraktikum Fahrzeugtechnik und -dynamik
- Begleitpraktikum Optimierung
- Begleitpraktikum Mehrkörpersysteme

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Studierende erlernen anhand von ausgewählten praktischen Problemstellungen der Mechatronik den Umgang mit modernen Methoden der Systemanalyse und -realisierung sowie der Messdatenerfassung und -verarbeitung. Dabei findet ein Teil der Arbeiten an Prüfständen statt, so dass eine Hardware-Erfahrung auf jeden Fall sichergestellt werden kann.

**Description / Content English**

Students can choose a suitable project from a catalogue of projects offered by the mechatronic related Chairs of Mechanics, Mechatronics, and Control and System Dynamics. Projects can be:

(1) interdisciplinary team projects with a scope of around 3 SWS, in which the students in teams of around 5 members from different specialisations (for eg. Mechanics, Control and System Dynamics, Sensors, Computer Science, Mechatronics) come up together with a technical solution for a complex problem, its implementation and its documentation. Alongside the requirement with a high degree of motivation the handling of modern industrial technology will be learnt. Examples:

- Ball catching Robot
- Autonomous Driving Vehicle
- Mobile Robot Adonis
- Scaled Prototype CARina for testing vehicle dynamics.

(2) Choice of 3 practical units at 1SWS from the choices offered by the chairs. Such units can be set up with individual tests or from a lecture accompanying practicals. Examples are

- Hardware-in-the-loop test rig of an active steering system
- State-space control of an inverted pendulum
- Observer-based control of a torsion oscillator
- Design of a disturbance observer for a rotating shaft
- Lecture-accompanying practicals related to an industrial robot.
- Lecture-accompanying practicals related to vehicle technology and dynamics
- Lecture-accompanying practicals related to optimisation
- Lecture-accompanying practicals related to multi-body simulation

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

Students learn with the help of specific practical problems of mechatronics the handling of modern methods of system analysis and realisation as well as the collection of measuring data, and its processing. A part of the work will take place on test-rigs, such that a certain hardware experience is guaranteed.

#### **Literatur**

Projekt- bzw. Versuchsbeschreibungen mit weiterführenden Literaturangaben

**Kursname laut Prüfungsordnung****Mess- und Sensorsysteme****Course title English**

Measurement and sensor systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS/SS	Deutsch/Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		

**Prüfungsleistung**

Ohne jegliche Hilfsmittel

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Lehrveranstaltung „Mess- und Sensorsysteme“ gibt eine erweiterte Einführung in das Thema Messtechnik und Sensorsysteme.

Zu Beginn werden die Grundlagen der Messtechnik behandelt. Im Weiteren soll ein Einblick in verschiedene Mess- und Sensorapplikationen gegeben werden. Es werden verschiedene Detektoren und Sensoren (Magnetfeldsensoren, Lichtsensoren, etc.) vorgestellt und die grundlegenden Eigenschaften, mit Vor- und Nachteilen sowie deren Einsatzgebiete diskutiert. Weiterhin werden verschiedene Grundlagen bzw. Verfahren zur weiteren Signalverarbeitung vorgestellt. Es soll hierbei speziell auch auf die spezifischen Möglichkeiten zur Auslegung dieser Komponenten und die verschiedenen Implementierungsmöglichkeiten eingegangen werden. Im Gesamtzusammenhang werden diese dann mit realen Applikation aus der Elektrotechnik oder Physik weiterführend diskutiert.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

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 fähig eine solche Entwicklung entsprechend einem typischen Entwicklungsprozess durchzuführen.

**Description / Content English**

The course „Measurement and sensor systems“ provides an extended introduction into the topic measurement techniques and sensor systems.

As first part, the basics of measurement techniques will be presented. After this, it will be given a deeper view in a variety of measurement and sensor applications. It will be presented different detectors and sensors (magnetic field sensors, light sensors, etc.) and basic characteristics with advantages and disadvantages discussed. Furthermore will be basics and methods for signal processing presented. This will be focused on the specific opportunities for design of the components and different implementation possibilities. In an overall view, these things will be discussed in the frame of real applications in physics and electrical engineering.

**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 make a corresponding component selection (detector, signal processing, etc.) according to requirements. Additionally the students are able to do 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

**Kursname laut Prüfungsordnung****Optische Signalverarbeitung****Course title English**

## Optical Signal Processing

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS/SS	Deutsch/Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		

**Prüfungsleistung**

## Schriftliche Prüfung (Klausur)

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

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.

**Description / Content English**

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>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Photovoltaik</b>			
<b>Course title English</b>			
Photovoltaik			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch/Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

### Beschreibung / Inhalt Deutsch

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  $\mu$ -Si, der 2. Generation: a-Si, organische und Graetzelzellen sowie auf Solarzellen der 3. Generation: Tandem Zellen eingegangen.

### Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studenten sind in der Lage:

- Das Energiegenerationspotential der Technologie zu erklären
- 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.
- Generations und Rekombinations-mechanismen zu erklären.
- Begrenzungen in der maximalen Konversionseffizienz zu erklären und hierbei zwischen materialbedingten, prozessbedingten und strukturbedingten Begrenzungen zu unterscheiden
- Solarzellen elektro-optisch zu charakterisieren und die Ergebnisse mit Hilfe von standard Ersatzschaltbildern zu Interpretieren.
- Solarzellen der drei Generationen zu unterscheiden, deren Funktionsweise zu beschreiben und deren Vor- und Nachteile zu erklären.

### Description / Content English

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  $\mu$ -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

**Kursname laut Prüfungsordnung****Photovoltaik 2****Course title English**

Photovoltaik 2

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
5	WS	Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

In der Vorlesung steht die Messung und Simulation von Halbleiterbauelementen am Beispiel der Solarzelle im Vordergrund. Dazu werden zunächst die Grundlagen geschaffen, um die Physik der Solarzelle zu verstehen und sie beschreiben zu können. Dabei werden die wesentlichen physikalischen Größen identifiziert, die den Wirkungsgrad einer Solarzelle beeinflussen, nämlich Ladungsträgerlebensdauer und Beweglichkeit sowie der Absorptionskoeffizient. Im Folgenden werden dann verschiedene Methoden eingeführt und erklärt mit denen man diese Größen bestimmen kann. Die numerische Simulation der Solarzelle ist dabei oft nützlich, um bestimmte Messverfahren besser zu interpretieren und um den Einfluss von Parametern wie Lebensdauer und Beweglichkeit auf die Kennlinie und den Wirkungsgrad einer Solarzelle zu verstehen. Die Vorlesung schließt ab mit einer Einführung in aktuelle Schwerpunkte der Solarzellenforschung wie z.B. druckbare Solarzellen und Perowskit-Solarzellen.

Die Vorlesung richtet sich sowohl an Studenten, die die Vorlesung Photovoltaik von Dr. Benson bereits gehört haben, als auch an Studenten, die diese Vorlesung nicht oder noch nicht gehört haben.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studenten werden in der Lage sein:

- die Funktionsweise einer Solarzelle zu erklären,
- Bänderdiagramme und quasi-Fermi Niveaus im Dunkeln und unter Beleuchtung zu verstehen und zu benutzen,
- den Unterschied zwischen geordneten (kristallinen) und ungeordneten (nanokristallinen oder amorphen) Halbleitern zu verstehen,
- Messmethoden zu kennen und zu erklären, die zur Untersuchung von Materialien, Schichten, Schichtstapeln und ganzen Bauelementen in der Photovoltaik genutzt werden,
- Solarzellen mit einer Software numerisch zu simulieren.

**Description / Content English**

The focus of this course will be on the measurement and simulation of semiconductor devices using the solar cell as an example. First, we will therefore establish the fundamentals of solar cell device physics before we will identify relevant physical quantities needed for the description of the solar cell. These physical quantities affecting solar cell efficiency are for instance the charge carrier lifetime and mobility as well as the absorption coefficient. In the following, we will then introduce and explain methods to measure these physical quantities. Numerical simulations are often useful to better interpret certain measurement techniques and to better understand the influence of parameters like lifetime and mobility on the current-voltage curve and the efficiency of a solar cell. The course finishes with an introduction into focus areas of current research like printable solar cells and perovskite-based solar cells.

The course is intended for both, students that have already attended the course Photovoltaics by Dr. Benson and for students that have not or not yet attended this course.

**Learning objectives / skills English**

The students will be able:

- to explain the working principle of a solar cell
- to understand and use band diagrams and quasi-Fermi levels in the dark and under illumination
- to explain the difference between ordered (crystalline) and disordered (nanocrystalline and amorphous) semiconductors
- to know and to explain measurement methods used to analyze materials, layers, layer stacks and devices used in photovoltaics
- to numerically simulate solar cells using a software.

### Literatur

- The Physics of Solar Cells, Jenny Nelson, Imperial College Press
- Physics of Solar Cells, Peter Würfel, WILEY-VCH
- Advanced Characterization Techniques for Thin-Film Solar Cells, D. Abou-Ras, T. Kirchartz, U. Rau (Eds.), Wiley-VCH

**Kursname laut Prüfungsordnung****Power System Operation and Control****Course title English**

Power System Operation and Control

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden verstehen die Betriebsweise elektrischer Netze, sie kennen, wie Spannung, Leistung und Frequenz geregelt werden und welche Betriebsmittel als Stellglieder hierfür zur Verfügung stehen. Sie wissen, welche transienten und dynamischen Phänomene infolge von Störungen im Netz auftreten und welche Auswirkungen sie haben können.

**Description / Content English**

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

**Learning objectives / skills English**

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

**Literatur**

P. Kundur: Power System Stability and Control, EPRI, McGraw-Hill, 1994, ISBN 0-07-035958-X.

D. Oeding, B.R. Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze. Springer Verlag Berlin, 2004

**Kursname laut Prüfungsordnung****Projektmanagement****Course title English**

Project Management

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
2	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2			
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Im Mittelpunkt der Veranstaltung steht die systematische Planung, Steuerung und Kontrolle von Projekten. Anforderungen an den Projektleiter und das Projektpersonal werden durch adäquate Führungsgrundsätze, Kommunikationswissen und Team Building verdeutlicht. Die Rolle des Projekt-Sponsors und die Bedeutung des Managements von Veränderungsprozessen für den Projekterfolg bilden weitere wichtige Bausteine.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden kennen die Grundlagen des Projektmanagements bzgl. der technischen Kompetenzen und der Verhaltenskompetenzen. Sie sind in der Lage, die Bedeutung des Professionellen Projektmanagements in den umfassenderen Kontext des Managements von Organisationen und der erfolgreichen Umsetzung von Unternehmensstrategien einzuordnen und zu bewerten.

**Description / Content English**

The lecture will focus on systematic planning and controls of projects. Genuine leadership principles, communication skills and team building point out the necessary qualifications of the project manager/members. Sponsorship by Top-Management and Organizational Change-Management are critical project success factors and are part of the lecture as well.

**Learning objectives / skills English**

The students know the basics of project management concerning the technical and behavioral competence elements. They can classify the impact of Professional Project Management within the context of management of organizations and successful implementation of corporate strategies and evaluate those.

**Literatur**

1. Heinz Schelle / Roland Ottmann / Astrid Pfeiffer: Projekt Manager, 3. Auflage, GPM, Nürnberg, 2008
2. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (Pmbok Guide) Fifth Ed. (German), IPM, 15. Aug. 2014

**Kursname laut Prüfungsordnung****Projektmanagement****Course title English**

## Project Management

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Vorlesung Project Management beschäftigt sich mit der Frage, was ein Projekt ist und wie ein Projekt durchgeführt wird. Hierbei spielen Einflussgrößen wie z.B. Zeit, Kosten oder technische Anforderungen usw. eine wesentliche Rolle. Es werden Methoden / Vorgehensweisen vorgestellt, mit denen Projekte geplant, überwacht und erfolgreich abgeschlossen werden.

Neben der Vorlesung werden Übungen angeboten.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Den Studierenden werden, insbesondere über Beispiele aus der industriellen Praxis, die gebräuchlichsten Methoden des Projektmanagements vermittelt und anhand von Übungen deren Anwendung erprobt. Die Studierenden sind danach in der Lage, für abgegrenzte Entwicklungsaufgaben Projektplanungen durchzuführen.

**Description / Content English**

Project Management is the task of accomplishing a project (what is a project?) e.g. on time, in budget, to technical specification and more. In the lecture you get to know tools how to manage a project (project initiation – implementation – control - ...).

Both lectures and exercises arrange fundamental knowledge about Project Management.

**Learning objectives / skills English**

The students will get to know standard methods of project management by means of present examples from industrial projects including the application of examples in exercises. The students are able to execute limited development tasks in project plannings.

**Literatur**

- Rinza, P. Projektmanagement
- 4. Auflage, Springer, ISBN 3-540-64021-5
- Seibert, S. Technisches Management
- 5. Auflage, Schäffer-Poeschel, ISBN 3-7910-0694-0

**Kursname laut Prüfungsordnung**

Prozessautomatisierung

**Course title English**

Process Control Engineering

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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

Kontinuierliche Prozesse, Chargenprozesse mit Rezeptfahrweisen sowie Stückprozesse und die zugehörigen Begriffe werden definiert. Petrinette zur Beschreibung ereignisdiskreter Systeme werden weiterführend behandelt, bis hin zu Analysemethoden. Zur Beschreibung von Automatisierungsaufgaben werden weiterhin RI-Fließbilder, Funktionspläne (FBD und SFC) und (nur andeutungsweise) strukturierte sowie objektorientierte Methoden betrachtet.

Grundlagen der Hardware und der Software werden unter den für die Thematik relevanten Aspekten betrachtet und knapp zusammengefasst (die Echtzeit-Thematik wird weitgehend der Vorlesung Echtzeit-Systeme überlassen). Das Kapitel Rechnerkommunikation in der Automatisierungstechnik beschreibt Schnittstellen und Protokolle, die als Feldbusssysteme in der Automatisierungstechnik zur Anwendung kommen.

Es wird gezeigt, wie Automatisierungsfunktionen (Regelung, Steuerung, Zeitglieder, ..) und universelle Automatisierungssysteme (SPS, PLS) per Software realisiert werden können.

Zur Feldgeräte-technik gehören Grundkenntnisse über Explosionsschutz, Signalübertragung im Feld (klassisch, Feldbus, Remote-I/O-Systeme), Software-Integration intelligenter Feldgeräte, Stellgeräte-technik (Ventile) sowie eine kurze Einführung in die Prozessmesstechnik.

Das Engineering der Prozessleittechnik im Anlagenbau sowie Fragen der Zuverlässigkeit und Sicherheit bilden den Abschluss.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

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

**Description / Content English**

The idea of this lecture is a survey on application, equipment technology (hard- and software) and development of automation devices up to project management of process control systems for complete production plants. Continuous processes, batch processes with recipes as well as piece processes and the relevant terms will be defined.

To describe and analyze event discrete systems petri nets will be discussed.

For the description of automation tasks P&I diagram, function block diagram and sequential function chart will be considered.

Basic aspects of process control hard- and software will be summarized (details on the topic of real time can be found in the lecture Real time systems). Next the communication in process control systems with fieldbus is discussed.

Furthermore the software realization of automation functions (control, timer, ...) and process control systems (PLC, PCS) will be shown.

Within the discussion of field devices, basic knowledge of explosion protection, signal transmission (field-bus, remote I/O), software integration of intelligent field devices, actuators as well as a short introduction of process measurement technology will be given.

Finally the plant engineering of process control systems as well as safety and reliability issues will be explained.

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

The students should be able to describe automation functions, analyze and plan them. Furthermore they should be able to implement them using computer systems, including DCS and PLC. They should have the fundamentals for critical evaluation of methods and tools, though an independent judgement will be possible only after some practical experience in industry.

### **Literatur**

Louen, Chris: Vorlesungsskript "Prozessautomatisierung";

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

Anmerkung: Es gibt keine Literatur in dieser Zusammenstellung von Themen. Für jedes Thema werden andere Bücher in den Vorlesungsunterlagen empfohlen, aber hiervon sind jeweils nur Teile relevant.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Regenerative Energietechnik 1****Course title English****Renewable Energy Technology 1**

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

In der Vorlesung wird die Bandbreite der thermischen und photovoltaischen Nutzung der Sonnenenergie vorgestellt. Nach einer Diskussion der Grundlagen des solaren Strahlungsangebotes (Physikalische Grundlagen der Strahlung, Strahlungsbilanzen, Himmelsstrahlung, Globalstrahlung, Messung solarer Strahlungsenergie) werden Niedertemperaturkollektoren, konzentrierende Kollektoren und die solarthermische Stromerzeugung in Farm- und Towerkraftwerken behandelt. Einen weiteren Schwerpunkt bildet das Thema der photovoltaischen Stromerzeugung mit einer Einführung in das Bändermodell der Elektronen im Festkörper, des Aufbaus, der Funktionsweise und des Wirkungsgrads von Silizium-Solarzellen, Dünnschichtsolarzellen und kompletten Solarzellensystemen.

Der erreichte Stand der Technik sowie technische und wirtschaftliche Potentiale der Solarthermie und Photovoltaik werden ebenfalls erörtert.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Der Studierende versteht die Prinzipien der energetischen Nutzung von Solarenergie, kennt den technischen Aufbau und den Wirkungsgrad verschiedener Solaranlagen und kann das technische und wirtschaftliche Potential der Nutzung der Solarenergie einschätzen.

**Description / Content English**

Focus of the lecture is the thermal and photovoltaic use of solar energy. Topics are the potential of solar radiation and its physical fundamentals, radiation balances, total radiation and measurement of solar irradiation. The conversion of solar radiation into thermal energy by thermal collectors, like flat collectors and concentrating collectors, the generation of high temperature heat by solar farm and tower power plants will be explained. Photovoltaic generation of electricity is the second main topic, the energy band model of semiconductors, the functional principle of silicon solar cells, including construction principles, manufacturing and efficiency will be presented. Important is as well the optimization potential, thin film solar cells, other semiconductors, photovoltaic system technology. Finally, the technical and economical potential of thermal and photovoltaic use of solar energy will be discussed.

**Learning objectives / skills English**

The student understands the principles of energetic use of solar energy, knows technical details about construction and efficiency of conversion devices for solar energy (solar thermal collectors and PV) and is able to judge the technical and economical potential of solar energy use.

**Literatur**

- Adolf Goetzberger, Volker Wittwer, „Sonnenenergie – Thermische Nutzung“, Teubner Studienbücher
- Adolf Goetzberger, Bernhard Voß, Volker Wittwer, „Sonnenenergie: Photovoltaik“, Teubner Studienbücher
- Martin Kaltschmitt, Andreas Wiese, „Erneuerbare Energien“, Springer Verlag

- Manfred Kleemann, Michael Meliß, „Regenerative Energiequellen“, Springer Verlag

**Kursname laut Prüfungsordnung****Regenerative Energietechnik 2****Course title English****Renewable Energy Technology 2**

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Im Rahmen der Vorlesung werden die physikalischen und systemtechnischen Grundlagen der Nutzung der Windenergie (Leistungsdichte des Winds, Windmessung, Windenergiekonverter), der Wasserkraft (Aufbau und Komponenten einer Wasserkraftanlage, Pumpspeicherkraftwerke), Meeressenergie (Leistung von Wasserwellen, Meereströmungskraftwerke), Gezeitenenergie (Entstehung von Ebbe und Flut, Gezeitenkraftwerke) und der Geothermie (oberflächennahe und hydrothermale Erdwärmennutzung, heiße Gesteinsschichten) behandelt. Ein weiteres Schwerpunktthema bildet die Photosynthese und die Möglichkeiten der energetischen Biomassenutzung (Verbrennung, Vergasung, Pyrolyse, Biogaserzeugung, äthanolherstellung). Bei jeder Technologie wird auf den erreichten Stand der Technik eingegangen sowie die technischen und wirtschaftlichen Potentiale diskutiert.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Der Student ist in der Lage, regenerative Energiesysteme auf Basis Wind, Wasserkraft, Geothermie, und Biomasse technisch und ökonomisch zu bewerten. Das zukünftige Potential und der Stand der Technik sind bekannt.

**Description / Content English**

The physical and technical fundamentals of wind energy conversion like power density of wind, measurement of wind speed and wind energy conversion principles will be explained. For water power, the relevant topics are construction principles and components, especially types of turbines, and pumped storage stations as well as energy conversion of tidal and ocean current and waves. The different types of geothermal energy (near surface, hydrothermal, hot dry rock) and biomass are further main foci, including combustion and gasification technology, fermentation for ethanol and biogas generation. For each of these technologies, the achieved state-of-the-art will be presented, the future technical and economical potential will be discussed.

**Learning objectives / skills English**

The students are able to judge regenerative energy systems on basis of wind and water power, biomass and geothermal energy with respect to technology and economics. The future potential and the state-of-the-art are known.

**Literatur**

- Martin Kaltschmitt, Andreas Wiese, „Erneuerbare Energien“, Springer Verlag
- Manfred Kleemann, Michael Meliß, „Regenerative Energiequellen“, Springer Verlag
- Jochen Fricke, Walter Borst, „Energie – Ein Lehrbuch der physikalischen Grundlagen“, R. Oldenbourg Verlag

**Kursname laut Prüfungsordnung****Ringvorlesung Thermoelektrik****Course title English**

Lecture Series Thermoelectrics

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
5	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Veranstaltung führt zunächst die drei thermoelektrischen Grundphänomene (Seebeck-Effekt, Peltier-Effekt, Thomson-Effekt) ein und zeigt aus thermodynamischen Überlegungen deren Verknüpfung (Kelvin-Relation). Weiterhin wird die Effizienz einer thermoelektrischen Energieumwandlung ermittelt und daraus die Bedeutung der Gütezahl ZT und der thermischen und elektrischen Anpassung abgeleitet. Messmethoden für die wichtigen thermoelektrischen Größen (Wärmeleitfähigkeit, Seebeck-Koeffizient, elektrische Leitfähigkeit) werden vorgestellt und bezüglich ihrer Unsicherheiten diskutiert. In einem Theorie-Teil werden der Onsager Formalismus und die Boltzmannsche Transporttheorie sowie der Phononentransport eingeführt. Daraus werden Konzepte für das Materialdesign, sowohl bezüglich der thermischen als auch bezüglich der elektronischen Eigenschaften abgeleitet und gängige thermoelektrische Materialklassen erläutert. Syntheseverfahren mit besonderem Bezug zu Nanomaterialien werden vorgestellt. Abschließend werden Grenzflächenphänomene insbesondere für die Phonenstreuung zunächst theoretisch vorgestellt und anschließend ihre messtechnische Überprüfung dargestellt.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studenten sind in der Lage:

- thermoelektrische Phänomene zu erklären
- elektrische und Wärmeleitfähigkeit, Seebeck- und Peltier-Koeffizient zu definieren
- den Gütefaktor ZT und die Effizienz eines thermoelektrischen Generators zu bestimmen
- die Grundzüge der Onsagerschen Transporttheorie sowie die Kelvin-Beziehung zu erläutern
- die Boltzmann-Gleichung in der Relaxationszeitnäherung herzuleiten
- den elektrischen und Gitterbeitrag zur Wärmeleitfähigkeit im Halbleiter zu diskutieren
- messtechnische Konzepte zur Bestimmung der Transport-Koeffizienten anzuwenden
- materialwissenschaftliche Optimierungsgesichtspunkte anzuwenden
- den Einsatz von Nanopartikeln für thermoelektrische Anwendungen zu erläutern
- Effizienzsteigerung durch Reduzierung der Dimensionalität und Energiefilterung zu diskutieren
- den Einfluss von Grenzflächen auf elektrischen und Wärmewiderstand zu verstehen

**Description / Content English**

The lecture introduces the three thermoelectric phenomena (Seebeck effect, Peltier effect, Thomson effect) and shows their relation (Kelvin relation) based on thermodynamic considerations. Furthermore, the efficiency of a thermoelectric energy conversion is determined and the significance of the Figure of Merit ZT and the thermal and electrical matching condition is derived from it. Measurement methods for the important thermoelectric quantities (thermal conductivity, Seebeck coefficient, electrical conductivity) are presented and discussed with regard to their uncertainties. In a theory part, Onsager formalism and Boltzmann's transport theory as well as phonon transport are introduced. From this, concepts for material design, both with regard to thermal and electronic properties, are derived and common thermoelectric material classes are explained. Synthesis

methods with special reference to nanomaterials are presented. Finally, interfacial phenomena, especially for phon scattering, are presented theoretically and then their metrological verification is presented.

### Learning objectives / skills English

Students are able to:

- Explain the thermoelectric phenomena
- Define electrical conductivity, thermal conductivity, and the Seebeck and Peltier coefficients
- Determine the Figure of Merit ZT and the efficiency of thermoelectric generators
- Explain the basics of Onsager's Transport Theory and Kelvin Relations
- Derive Boltzmann equation with the relaxation time approximation
- Discuss electrical and lattice contribution to thermal conductivity in semiconductors
- Apply measurement concepts to determine transport coefficients
- Understand materials science optimization
- Explain the use of nanoparticles for thermoelectric applications
- Discuss the increase in efficiency by reducing dimensionality and energy filtering
- Understand the influence of interfaces in electrical and thermal resistance

### Literatur

Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano  
von D M Rowe (Herausgeber); Taylor & Francis Inc. (2006).

**Kursname laut Prüfungsordnung****Sensoren für Fortgeschrittene - Anwendungen, Schnittstellen und Signalverarbeitung****Course title English**

Advanced Sensors - Applications, Interfacing and Signal Processing

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch/Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Diese Vorlesung baut auf der Bachelor Vorlesung "Sensorik und Aktuatorik" oder ähnlichen Einführungskursen über Sensoren oder Mechatronik auf. Die Vorlesung fokussiert auf komplexen Sensoranwendungen und ihrer Integration in mechatronische Systeme. Es werden weiterhin Themen wie Anschlusssschaltungen, Sensorabschirmung und Signaldatenverarbeitung behandelt. Speziell in der Signaldatenverarbeitung werden Filterdesign, adaptive Filter und Messrauschen behandelt.

## Gliederung:

- Sensorcharakteristik
- Fortgeschrittene Anwendungen
- Sensor Schnittstellen
- Signalverarbeitung

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden bekommen Einblicke in Anwendungen von komplexen Sensoren in mechatronischen Produkten. Die Studierenden sind in der Lage Sensoren abhängig von den Anforderungen und der Einbauumgebung auszuwählen. Sie lernen Methoden kennen um geeignete Filter auslegen zu können.

**Description / Content English**

This course is built 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**

The participants of this course will get a better insight into the application and importance of sensors in mechatronic systems. Students will be able to choose sensors based on the requirements and the environments, be able to identify and suggest methods to isolate noise, and be able to design working filters.

## Literatur

Fraden

Handbook of Modern Sensors - Physics, Design and Applications

Springer 2010

PowerPoint Presentations in English and German

**Kursname laut Prüfungsordnung****Systemtechnik****Course title English**

System Technologies

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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:**

- Bulk mikromechanik (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

**Kursname laut Prüfungsordnung****Technisches Management****Course title English**

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
2	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
3			
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Veranstaltung richtet sich an Ingenieure und Naturwissenschaftler. Gegenstand der Vorlesung ist es, methodische Fähigkeiten und Kenntnisse zu vermitteln, um technische Lösungen und Dienstleistungen im Umfeld der Industrie und der Energieversorgung erfolgreich zu entwickeln und an den Markt zu bringen. Die Vorlesung fußt auf jahrlangen Erfahrungen aus Industrieunternehmen. Thematisch ist die Vorlesung im Wesentlichen in folgende Themenfelder strukturiert:

- Vertrieb: Ermittlung des Bedarfs an technischen Lösungen, Kunden-Lieferanten-Beziehung speziell bei technischen Leistungsumfängen, Vertragsarten mit Bewertung an Hand ausgewählter Projektbedürfnisse
- Projektmanagement: grundsätzliche Zielstellungen, Projektstrukturen, Nachtragsmanagement, Risikomanagement
- Komponentenauslegung: Vermittlung unterschiedlicher Ansätze zur Komponentenauslegung im Projektgeschäft, exemplarische Auslegung auf Basis internationaler technischer Normen
- Qualitätsmanagement: Struktur und Zielstellung einschlägiger Normen, methodische Ansätze zur nachweisbaren Verbesserung der Qualität (u.a. Six Sigma)
- Arbeitssicherheit: Einordnung der Arbeitssicherheit im Unternehmen, Kennzahlen im Bereich der Arbeitssicherheit, methodische Möglichkeiten zur nachhaltigen Verbesserung der Arbeitssicherheit
- Personalführung: typische Führungsanforderungen im technischen Umfeld, Einordnung der Führungsstile, Personalauf- und abbau, Zielvereinbarungen

Die Veranstaltung versteht sich als komplementär zur technischen Wissensvermittlung in den Hauptvorlesungen. Daher wird für die zahlreichen Praxisbeispiele dieser Vorlesung vorzugsweise auf Projekte aus dem ingenieurwissenschaftlichen Umfeld zurückgegriffen. So wird u.a. eine Vertragsverhandlung mit den Teilnehmern der Veranstaltung an Hand einer vorgegebenen Ausgangssituation als Fallbeispiel möglichst realitätsnah simuliert. Auf Grund der Praxisnähe der Vorlesung ist keine zusätzliche separate Übung neben den Fallbeispielen vorgesehen.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen erste grundlegende methodische Einblicke in die Zusammenhänge des technischen Managements in Wirtschaftsunternehmen mit ingenieurmäßiger Ausrichtung bekommen. Weiterhin sollen sie ausgewählte Kennzahlen und deren Bedeutung kennenlernen. Nach Absolvierung der Vorlesung sollen sie Organisationsstrukturen im Projektmanagement und Vertrieb ebenso wie unterschiedliche Vertragsformen bei technischen Dienstleistungen kennen.

**Description / Content English****Learning objectives / skills English**

**Literatur**

**Kursname laut Prüfungsordnung****Test und Zuverlässigkeit digitaler Systeme****Course title English**

Test and Reliability of Digital Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

In dieser Veranstaltung werden die Eigenschaften technischer Systeme bei Fehlverhalten hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials analysiert und bemessen. Zudem werden Maßnahmen vorgestellt, mit denen die Qualität technischer Systeme im Sinne einer erhöhten Lebensdauer oder eines sicheren Verhaltens auch im Fehlerfalle erreicht werden kann.

Studierende sollen nach Absolvieren der Veranstaltung die theoretischen Grundlagen zur Beschreibung technischer Systeme im Fehlerfalle beherrschen und in der Lage sein, unter den verschiedenen praktisch eingesetzten Methoden diejenige auszuwählen, die für eine gegebene Aufgabestellung die am besten begründeten Ergebnisse unter wirtschaftlich vertretbarem Aufwand liefert. Zu unterscheidende Methoden sind hier die traditionelle Lebensdauerberechnung, der Einsatz von Redundanz zur Erhöhung der Lebensdauer, Markov-Ketten und Werkzeuge aus der Praxis, wie FMEA und FMECA.

Sie sollen zudem in der Lage sein, das Fehlerverhalten technischer Systeme auf unterschiedlichen Ebenen beschreiben und bearbeiten zu können. Betrachtet werden komplexe mechatronische Systeme, etwa Kraftfahrzeuge und Flugzeuge mit ihren verschiedenen Betriebszuständen ebenso wie Schaltungen und Systeme der Elektrotechnik. Im Bereich des Tests werden digitale Schaltungen und Systeme bis hin zu Rechnersystemen und der auf ihnen laufenden Software behandelt. Zu unterscheidende Methoden sind hier die Wahl eines problembezogenen Fehlermodells, Simulation, Testgenerierung und der prüffreundliche Entwurf.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind in der Lage, Sicherheit und Zuverlässigkeit digitaler Systeme (Hardware und Software) qualitativ und quantitativ zu ermitteln und zu beurteilen. Sie sind weiterhin in der Lage, die Zusammenhänge zwischen Fehlerentstehung, Test, Simulation, prüffreundlichem Entwurf und Zuverlässigkeit zu beurteilen und diese Methoden in praktischen Anwendungen begründet auszuwählen.

**Description / Content English**

Within this lecture, the characteristics of technical systems are analyzed and measured concerning their hazard potential. Furthermore, measures are presented, with which the quality of technical systems in the sense of an increased life span or a safe behavior can be achieved also in the case of an error.

After completion of the lecture, students are familiar with the fundamentals for the description of erroneous technical systems and they are able to select an appropriate method, which promises the best results under economically justifiable expenditure for a given task. Besides that, the students are able to describe the error behavior of technical systems on different levels. They can distinguish between best use of the traditional methods to determine lift time, the use of redundancy to increase lifetime, Markov-chains and practical tools like FMEA and FMECA.

They shall also be able to describe and handle the faulty behavior of technical systems on different levels. Systems discussed are complex mechatronic systems like cars and airplanes as well as electrical circuits and systems. In the area of testing, the test of digital circuits and systems is considered as well as computer systems

and the software running on them. In this context, they can distinguish between different fault models, appropriate for different systems, simulation and test generation as well as Design for Testability.

### Learning objectives / skills English

The students are able to qualitatively and quantitatively evaluate and rate the reliability of digital systems (hardware, software, and network).

In addition, they are able to assess the relations between physical errors, test, simulation and design for testability and to select best approach for a given application with good reasons.

### Literatur

1. M. Lazzaroni et al. (2012) Reliability Engineering - Basic Concepts and Applications in ICT, Springer.
2. A. Birolini (2010) Reliability Engineering - Theory and Practice, Springer.
3. A. Miczo (2003) - Digital Logic Testing and Simulation, Wiley.
4. A. Meyna and B. Pauli (2003) - Taschenbuch der Zuverlässigkeitstechnik und Sicherheitstechnik, Hanser.
5. H.-D. Kochs (1994) - Zuverlässigkeit großer und komplexer Systeme, Institut für Informatik, Duisburg.
6. H. Wojtkowiak (1988) - Test und Testbarkeit digitaler Schaltungen, Teubner.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Theorie statistischer Signale****Course title English**

Theory of Statistical Signals

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
5	WS	Deutsch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

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.

**Description / Content English**

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

**Kursname laut Prüfungsordnung****Thermodynamik und Kraftwerkstechnik****Course title English**

Thermodynamics and Power Plants

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Veranstaltung behandelt die verschiedenen Arten der heutigen Elektrizitätserzeugung mit ihren jeweiligen Charakteristika und Restriktionen. Der Vorlesungsstoff umfasst in erster Linie die konventionellen Kraftwerkstypen einschließlich der Kernenergienutzung. Für den dominierenden Bereich der thermischen Kraftwerke werden eingangs die thermodynamischen Grundlagen vermittelt. Berücksichtigung findet auch die Einbindung der unterschiedlichen Kraftwerke in das elektrische Netz sowie die sich daraus ergebenden Konsequenzen hinsichtlich Einsatzmöglichkeiten, Regelung, Eigenbedarf und Netzrückwirkungen. In der begleitenden übung werden Beispiele zur Kraftwerksauslegung und -anwendung rechnerisch behandelt.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden verstehen die verschiedenen Prinzipien der Kraftwerkstechnik, können ihre die Planung und den Betrieb betreffenden Unterschiede und Charakteristika einordnen und die Wechselbeziehung mit dem elektrischen Energieversorgungsnetz auf Basis ihres Fachwissens aufzeigen.

**Description / Content English**

The lecture deals with diverse plant types for electric power generation including their particular characteristics and restrictions. Main focus is on conventional plant types including nuclear. For the predominant group of thermal plants fundamentals of thermodynamics are conveyed first. Furthermore, integration of generation plants in el. power systems including consequences with regard to commitment, control, auxiliary power supply and retroactive effects are treated. The lectures are accompanied by calculation exercises for plant design and application.

**Learning objectives / skills English**

The students understand the diverse principles of power plant technologies; they are able to assess their characteristics and specifics with regard to plant design and operation, and to comprehend the interaction of generation plants and power systems based on their expertise.

**Literatur**

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

**Kursname laut Prüfungsordnung****Thermo-electric Materials and Systems****Course title English**

Thermo-electric Materials and Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
5	SS	Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		1
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Inhalt der Vorlesung sind thermoelektrische Materialien und Systeme; diese können für die Gewinnung von Strom aus Wärme oder Temperaturregulierung verwendet werden. Ausgehend von den grundlegenden thermoelektrischen Effekten und thermodynamischen Zusammenhängen werden verschiedene Aspekte thermoelektrischer Forschung vorgestellt und in Zusammenhang gebracht. Diese umfassen u.a.:

- Typische thermoelektrische Materialien und ihre Herstellung
- Fertigung von thermoelektrischen Generatoren und Kühlern
- Kontaktentwicklung für thermoelektrische Bauteile
- Synthese-Mikrostruktur-Funktionseigenschaften Zusammenhänge
- Beschreibung und Modellierung thermoelektrischer Bauteile in verschiedenen Komplexitäten: Einfluss von Kontaktwiderständen, Effekte der Temperaturabhängigkeit von Materialeigenschaften
- Messtechnik für thermoelektrische Materialien und Bauteile
- Auslegung thermoelektrischer Bauteile für verschiedene Anwendungsgebiete (Raumsonden, Automotive, Gesundheitswesen)

Die Vorlesung ist ausgesprochen interdisziplinär und beinhaltet Aspekte der Halbleiterphysik, der Festkörperelektronik, der Thermodynamik, aber auch der Fertigungstechnik und Materialwissenschaft und Messtechnik.

Die grundlegenden Vorlesungsinhalte werden durch Anwendungsbeispiele ergänzt, in denen auch Systemaspekte thematisiert werden.

Eine Teilnahme an der Ringvorlesung Thermoelektrik ist vorteilhaft.

Ziel der übung „Advanced modelling of thermoelectric transport“ ist die praktische Modellierung von thermoelektrischen Materialien und Bauteilen mit Hilfe von MATLAB. Auf Materialebene soll der elektrischen Transports in thermoelektrischen Materialien im Rahmen eines Zweibandmodells beschrieben werden sowie die Extraktion von Materialparametern anhand experimenteller Daten automatisiert durchgeführt werden. In einem weiteren Schritt werden die Effekte von Nano/Mikrostruktur auf elektrischem und thermischem Transport simuliert. Auf Bauteilebene soll das Verhalten von thermoelektrischen Generatoren und thermoelektrischen Kühlern unter einsatznahen Randbedingungen in verschiedenen Komplexitätsgraden simuliert werden.

In dem Seminar sollen aktuelle Forschungsarbeiten zu verschiedenen Aspekten der Thermoelektrik von den StudentInnen analysiert und kritisch hinterfragt werden. Neben der Vertiefung und der Anwendung des Wissens dient das Seminar also auch der kritischen Beschäftigung mit wissenschaftlicher Literatur und dem üben von Vorträgen.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die StudentInnen sind in der Lage:

- Die Vor- und Nachteile von thermoelektrischen Kühlern und Generatoren in verschiedenen Anwendungen zu erläutern

- Die wesentlichen Komponenten thermoelektrischer Bauteile zu benennen sowie deren Funktion zu erläutern
- Elektrische und Wärmeströme in thermoelektrischen Bauteilen in Abhängigkeit von elektrischen und thermischen Randbedingungen zu berechnen und den Einfluss von Kontaktwiderständen zu analysieren
- Wesentliche Material- und Bauteilgrößen zu benennen sowie deren Verknüpfung zu begründen
- Den Wirkungsgrad/die Kühlleistung im Constant-Property-Model zu berechnen und zu optimieren
- Vorteile und Grenzen von Charakterisierungsmethoden für thermoelektrische Materialien und Bauteile zu erklären
- Wesentliche Unterschiede zwischen dem thermischen und elektrischen Transport in bulk und nanostrukturierten Materialien zu begründen
- Die Abhängigkeit der thermoelektrischen Transportgrößen von der Ladungsträgerkonzentration im Einband- und Zweibandmodell zu erklären

### Description / Content English

The lecture deals with thermoelectric materials and systems which can be employed to convert heat directly into electrical energy or to control temperature very precisely. Starting from the basic thermoelectric effects and thermodynamic relations different aspects of the field are introduced and set into relation with each other. These include e.g.:

- Synthesis of state-of-the-art thermoelectric materials
- Fabrication of thermoelectric generators and coolers
- Contact development for thermoelectric devices
- Synthesis-microstructure-property relationships
- Modelling of thermoelectric devices with different complexities: influence of contact resistances and the temperature dependence of material quantities
- Measurement technique for thermoelectric materials and devices
- Design of thermoelectric devices for different applications ranging from space probes over automotive to healthcare)

The lecture is clearly interdisciplinary and includes aspects of solid state physics, semiconductor physics, thermodynamics but also manufacturing technology and measurement technique.

The aim of the training session „Advanced modelling of thermoelectric transport“ is modelling of thermoelectric materials and devices using MATLAB. The electrical and thermal transport in thermoelectric materials shall be modelled using a single and two band models. Complementary basic material parameters shall be extracted by an automated analysis from experimental data. Furthermore, the effect of the microstructure of materials shall be included in the modelling. Modelling of the material properties serves as input for device modelling, where efficiencies/cooling power will be calculated for application-like boundary conditions. The influence of electrical and thermal contact resistances shall be modelled and analyzed in different complexities. Aim of the seminar is the analysis and discussion of relevant scientific publications. Besides application of knowledge from the lecture this seminar establishes a base for working with scientific literature.

### Learning objectives / skills English

The students are able to:

- To explain pros and cons of thermoelectric generators and coolers in different applications
- Name the relevant components in thermoelectric devices as well as explain their function
- Calculate electrical current and heat flow in dependence of electrical and thermal boundary conditions and to analyze the influence of contact resistances
- Name material and device properties and derive their interrelation
- Calculate conversion efficiency and cooling power within the constant property model
- Explain application and limitations of thermoelectric characterization techniques
- Explicate differences in transport between bulk and nanostructured materials

- Explain the dependence of the thermoelectric transport quantities on the carrier concentration in a single or two band model

## Literatur

- Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano von D M Rowe (Herausgeber); Taylor & Francis Inc. (2006)
- Modules, Systems, and Applications in Thermoelectrics, Edited By David Michael Rowe ); Taylor & Francis Inc. (2012)

**Kursname laut Prüfungsordnung****Vision-based Control****Course title English**

Vision-based Control

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
			3
<b>Prüfungsleistung</b>			

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Der Kurs behandelt die Grundlagen der visuellen Regelung, bestehend aus Robotik, Vision, Regelung, Technologie und Implementierungsfragen. Zuerst werden die Grundlagen der Bilderfassung vorgestellt. Danach werden die Ansätze der maschinellen Bildverarbeitung zur Extraktion von Bildmerkmalen vorgestellt. Darüber hinaus werden das positionsbasierte Visual Servoing und das bildbasierte Visual Servoing als Kernelemente dieses Seminars vorgestellt. Der Schwerpunkt dieses Seminars liegt auf dem Entwurf von Reglern auf der Grundlage der geeigneten, aus dem Bild extrahierten Informationen, um Vorteile bei der Regelung zu erzielen.

- Grundlagen der Bilderfassung und der maschinellen Bildverarbeitung
- Modellierung des Roboters (Manipulator oder UAVs)
- Bildbasiertes Visual Servoing
- Positionsbasierter Visual Servoing
- Entwurf bildverarbeitungsbasierter Regler, z.B. adaptiver Regler, Sliding-Mode-Regler und Fuzzy-Logik-Regler

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden lernen die Grundlagen der Bildverarbeitung und Feature-Extraktion kennen. Sie lernen die grundlegende mathematische Erklärung für die Roboter/UAV-Modellierung zur Bestimmung von Regelungsansätzen. Schließlich sollen die Studierenden in der Lage sein, die Konzepte und Implementierungsbeschränkungen des bildbasierten Visual Servoing zu verstehen.

**Description / Content English**

The course covers the basics of visual control, consisting of robotics, vision, control, technology, and implementation issues. First of all, the fundamentals of image capturing will be introduced. Afterward, machine vision approaches will be briefly introduced for image feature extraction. Furthermore, position-based visual servoing and image-based visual servoing will be presented as the cores of this lecture. The main focus of this lecture is design of controller based on the suitable extracted information from the image to achieve closed-loop control benefits.

- Fundamentals of image capturing and machine vision approaches
- Modeling of the robot (manipulator or UAVs)
- Image-based visual servoing
- Position-based visual servoing
- Design of vision-based controller e.g. adaptive controller, sliding mode controller, and fuzzy logic controller

**Learning objectives / skills English**

Students should learn the basics of image processing and feature extraction. They should understand the basic mathematical explanation for robot/UAV modeling to determine control approaches. Finally, the students should be able to understand the concepts and implementation constraints of image-based visual servoing.

## Literatur

- Corke, P. I. (1996). Visual Control of Robots: high-performance visual servoing. Taunton, UK: Research Studies Press.
- Corke, P. I. (2017). Robotics, vision and control: fundamental algorithms in MATLAB&reg; second, completely revised(Vol. 118). Springer.
- Chaumette, F., & Hutchinson, S. (2006). Visual servo control. I. Basic approaches. IEEE Robotics & Automation Magazine, 13(4), 82-90.