



# Modulbeschreibung

## M.Sc. Automation and Safety PO19 Automation and Control Engineering

Stand: November 2022

# Modul- und Veranstaltungsverzeichnis

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Advanced System and Control Theory			
<b>Course title English</b>			
Advanced System and Control Theory			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Englisch	1
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Themen sind die Analyse und Synthese der zeitdiskreten, Abtast- und Multiabtastsysteme sowie der vernetzten regelungstechnischen Systeme. Im Rahmen dieser Vorlesung werden Standardmethoden für die Regelung und Beobachtung zeitdiskreter Systeme, Optimierungsverfahren vorgestellt. Ferner wird Modellierung von Multiabtastsysteme sowie der vernetzten regelungstechnischen Systeme behandelt.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sollen Schemata zur Optimierung regelungstechnischer Systeme lernen und in der Lage sein, diese anzuwenden. Sie sollen ferne lernen, vernetzte regelungstechnische Systeme zu modellieren und analysieren.

<b>Description / Content English</b>
This course is devoted to the analysis and synthesis of discrete-time, sampled-data, multi-rate sampled data and networked control systems. It consists of four parts. Part I: Introduction and basics. In this part, basic concepts for discrete control systems are reviewed, including state feedback controllers, observer-based state feedback controllers, stability check and decoupling controller design. Part II: Optimal control schemes. In this part, four optimal control schemes are introduced: - Model predictive control (MPC) - linear quadratic regulator (LQR) - Dynamic programming - Calculus of variations and optimal control Part III: Networked control systems. In this part, Multi-rate discrete-time systems, different types of networked control systems (NCS) are addressed. The focus is on the control-oriented modelling technique like lifting methods. Part IV: LMI-aided system analysis and synthesis. In this part, design of $H_2$ and $H_{\infty}$ controllers for discrete-time systems with unknown inputs and model uncertainties is presented. To this end, LMI (linear matrix inequality) technique is applied.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students should be able to model different types of networked control systems. Moreover, they should be able to apply optimal control schemes to real discrete-time systems.

## Literatur

- [1] S. X. Ding, Vorlesungsskript "Advanced system and control theory" (wird jährlich aktualisiert, per Download verfügbar, will be updated and available for download)
- [2] K. Zhou et al., Robust and Optimal Control, Prentice Hall, 1996.
- [3] E.F. Camacho and C. Bordons, Model predictive control, Springer, 1999
- [4] F.L. Lewis, D. Vrabie, L. Vassilis, Optimal Control (3rd Edition) John Wiley & Sons, 2012

**Kursname laut Prüfungsordnung****Angewandte numerische Strömungsmechanik****Course title English**

Applied Computational Fluid Dynamics

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

**Prüfungsleistung**

Teil der Prüfung ist ein kurzes Referat der/des Studierenden über eine Strömungssimulation, die im Rahmen der Übung in kleinen Teams von 2 bis 3 Studierenden selbstständig durchgeführt wurde. Die genauen Prüfungsmodalitäten werden in Abhängigkeit der Teilnehmerzahl zu Beginn der Veranstaltung festgelegt und bekannt gegeben.

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

In der Vorlesung wird die Anwendung moderner Software für numerische Strömungsmechanik im Entwurfs- und Optimierungsprozess bei der Entwicklung neuer Produkte sowie zur Lösung von Problemen bei bestehenden Produkten in verschiedenen Industriezweigen vermittelt. Die Verknüpfung mit der theoretischen und experimentellen Strömungsmechanik steht dabei im Vordergrund.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden werden befähigt, verschiedene Strömungsarten durch Einsatz moderner Software zu simulieren, Simulationsergebnisse zu beurteilen und sie zur Lösung von praxisrelevanten Problemen anzuwenden. Ferner werden sie lernen, wie man Kenntnisse aus der theoretischen Strömungsmechanik zur Vorbereitung von Simulationen einsetzt und wie man die Fehler aus verschiedenen Quellen in einer Simulation abschätzt.

**Description / Content English**

In these lectures the use of modern software for computational fluid dynamics in the design and optimization process for new products as well as for solving problems with existing products in different engineering branches is described. The emphasis is on the link to the theoretical and experimental fluid dynamics.

**Learning objectives / skills English**

The students will be able to simulate different flow types using modern CFD-software, to evaluate simulation results and to apply them for solving of practical engineering problems. In addition, they will learn how to use knowledge from theoretical fluid dynamics to set up numerical simulations and how to estimate errors from various sources in flow simulations.

**Literatur**

- H. Herwig: Strömungsmachanik, Springer, Berlin, 2006.
- F. Durst: Grundlagen der Strömungsmechanik, Springer, Berlin, 2006.
- W.-H. Hucho: Aerodynamik der Stumpfen Körper, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2011.
- J.H. Ferziger, M. Peric: Numerische Strömungsmechanik, Springer, Berlin, 2008.

**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****Diagnosis and prognosis****Course title English**

Diagnosis and prognosis

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**

- Methoden der Schadendiagnose I – Signalbasiert
- Methoden der Schadendiagnose II – Modellbasiert
- Methoden der Schadendiagnose III – Datenbasiert
- Vorhersage von Lebensdauer und Restlebensdauer
- Anwendungen
- Zur Veranschaulichung der Lehrinhalte werden Praktika und übungen durchgeführt.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Studierende erlernen die Grundprinzipien und Methoden der signal-, modell-, und datenbasierten Fehlererkennung und Schadendiagnose ebenso wie Prognosemethoden der Lebensdauer- bzw. Restlebensdauerbestimmung kennen und anzuwenden.

**Description / Content English**

- Methods of damage diagnosis I - Signal-based
- Methods of damage diagnosis II - Model Based
- Methods of damage diagnosis III - Data-based
- Prediction of lifetime and residual life
- Applications
- To illustrate the course content, exercises and practical exercises are carried out.

**Learning objectives / skills English**

Students learn the basic principles/fundamentals and methods of signal-, model-, and data-based error detection and damage diagnosis as well as prognosis methods of lifetime or residual life determination.

**Literatur**

- Gertler, J.J.: Fault detection and diagnosis in engineering systems. New York, Dekker, 1998
- Isermann, R.: (Hrsg.): Überwachung und Fehlerdiagnose. Moderne Methoden und ihre Anwendung bei technischen Systemen. VDI Verlag, Düsseldorf, 1994
- Klein, U.: Schwingungsdiagnostische Beurteilung von Maschinen und Anlagen. 2., überarbeitete Auflage. Düsseldorf, Stahleisen, 2000
- Lunze, J.: Automatisierungstechnik, Oldenbourg, 2003

Weitere aktuelle Literatur vornehmlich aus Zeitschriftaufsätzen werden in den Veranstaltungsunterlagen benannt und aktualisiert.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Distributed Systems****Course title English**

Distributed Systems

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

<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Fahrzeugtechnik</b>			
<b>Course title English</b>			
Vehicle Technology			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
<b>Prüfungsleistung</b>			
Schriftliche Klausur (120 min)			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
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.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden kennen und verstehen den Aufbau, die Funktion und das Zusammenwirken der Systeme und Komponenten eines Kraftfahrzeugs.

<b>Description / Content English</b>
Today, automotive engineering is one of the most important 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.
<b>Learning objectives / skills English</b>
Students will know and understand the construction, the functions and the interaction of the systems and components of the vehicle.

<b>Literatur</b>
- 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****Fehlerdiagnose und Fehlertoleranz in technischen Systemen****Course title English**

Fault Diagnosis and Fault Tolerance in Technical Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	1
<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**

Hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit spielen in der Automatisierungstechnik eine wichtige Rolle. Schlüsseltechnologien sind Fehlerdiagnose sowie fehlertolerante Systeme. Im Rahmen dieser Lehrveranstaltung werden statistische, daten-basierte und modellgestützte Methoden zur Fehlerdiagnose und zur fehlertoleranten Regelung sowie die erforderlichen Entwurfsalgorithmen und Tools vorgestellt.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen in der Lage, statistische, daten-basierte und modellgestützte Methoden zur Fehlerdiagnose und zur fehlertoleranten Regelung anzuwenden.

**Description / Content English**

A very critical and important issue concerning the design of automatic control systems with increasing complexity is to guarantee a high system performance over a wide operating range and meeting the requirements on system reliability and dependability. As one of the key technologies for the problem solution, advanced fault detection and identification (FDI) technology and fault tolerant systems (FTC) are receiving considerable attention. The objective of this course is to introduce basic model based FDI and fault tolerant schemes, advanced analysis and design algorithms and the needed tools.

The course consists of 6 parts.

Part I: Basic fault detection problems and the associated solutions.

The following two topics are addressed in this part:

- Basic statistical methods for change/fault detection
- Basic deterministic methods for change/fault detection

Part II: Basic data-driven methods

The following two topics are addressed:

- Basic data-driven methods for statistic processes
- A basic data-driven method for deterministic processes

Part III: model-based FDI methods

- Two essential problems
- Essentials: Modelling and residual generation
- Fault detection in stochastic systems
- Fault detection in deterministic systems

Part IV: Data-driven design of dynamic FDI systems

- Subspace identification technique (SIT) aided design of observer-based FDI systems

Part V: Fault isolation and identification schemes

- Basic isolation and identification methods
- Methods to a structural fault isolation (for dynamic processes)

Part VI: Fault-tolerant systems

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

The students should be able to apply statistical, data-driven and model-based FDI and FTC methods to real cases.

### **Literatur**

Steven X. Ding, Model-based fault diagnosis techniques, Springer-Verlag, 2008.

Selected publications in leading international journals.

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Studierenden werden mit den nachfolgenden Zusammenhängen vertraut gemacht (auch wenn sie in nachfolgenden unterschiedlichen Einzelveranstaltungen wiederholt und vertieft werden):

Rechtliche Zusammenhänge und Normen über verschiedene Industriebereiche hinweg beginnend mit Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und Produktsicherheitsgesetz

Zugehörige Begriffe und Methoden: Begriffe (Fehler, Ausfall, Versagen), Systematische und zufällige Fehler, Risikobeurteilung, Fehlermodelle, Ausfallraten, Common-Mode-Error, Anforderungen an Fehlererkennungs- und Diagnosemethoden, Beschreibung von Anforderungen SIL, ASIL, PFD, PFH bzw. POD, DR, FAR im Kontext von Diagnosemethoden Methoden zur Ausfall- und Risikominimierung sowie Funktionsabsicherung Funktionale Sicherheit nach IEC 61508, EN 62061 und EN ISO 13849 Entwicklungs- und Verifikationsmethodik für den automatisierungstechnischen Kontext nach IEC 61508

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden erlernen im Kontext technischer Systeme die Notwendigkeit, Begriffe, Normensysteme und Methoden zur Analyse und Beschreibung von Gefährdung, Risiko, Zuverlässigkeit und Sicherheit. Die Studierenden erlernen entsprechende Anforderungen zu stellen, Methoden zur Analyse und Beschreibung z. B. zur Nachweisführung anzuwenden sowie Zusammenhänge zur Produktentwicklung und zum Risikomanagement aufzuzeigen.

Die Studierenden sind insbesondere mit den Normensystemen (z. B. IEC IEC 61508, EN 62061 und EN ISO 13849) vertraut, kennen die Zusammenhänge zur Automatisierungstechnik.

**Description / Content English**

The students become familiar with the following contexts (even if they are repeated and deepened in different following lectures):

Legal relationships and standards across different industrial sectors starting with Machinery Directive 2006/42/EG and the Product Safety Act.

Associated Terms and Methods: Terms (error, failure, malfunction), Systematic and Random Errors, Risk Assessment, Error Models, Failure Rates, Common-Mode Error, Requirements for Error Detection and Diagnostic Methods, Description of Requirements SIL, ASIL, PFD, PFH or POD, DR, FAR in the context of diagnostic methods Methods for failure and risk minimization as well as securing functionality

Functional safety according to IEC 61508, EN 62061, and EN ISO 13849

Development and verification methodology for the automation context according to IEC 61508

**Learning objectives / skills English**

In the context of technical systems, students learn the necessity to use terms, standards systems and methods to analyze and describe hazards, risk, reliability, and safety. The students learn to define appropriate requirements, methods for analysis and description, e.g. to use procedures for verification management and to show connections to product development and risk management.

In particular, students are familiar with the standards systems (e.g. IEC 61508, EN 62061, and EN ISO 13849) and with the relationships to automation technology.

## Literatur

- Norm IEC 61508
- Bertsche, B. et al.: Zuverlässigkeit mechatronischer Systeme, Springer 2009
- Verma, A.K. et al.: Reliability and Safety Engineering, Springer, 2009
- Halang, W.A. (Hrsg): Funktionale Sicherheit, Springer, 2013
- Nanda, M. et al. (Eds.): Formal Methods for Safety and Security -
- Case Studies for Aerospace Applications, Springer, 2018
- Braband, J.: Funktionale Sicherheit. In: Fendrich, L.; Fengler, W. (Hrsg.)
- Handbuch Eisenbahninfrastruktur, Springer, 2019
- Gilbert, G. et al. (Eds): Safety Cultures, Safety
- Models - Taking Stock and Moving Forward, Springer, 2019
- Keller, H.B. et al. (Eds.): Technical Safety –
- An Attribute of Quality - An Interdisciplinary Approach and Guideline, Springer, 2018

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

Cognitive Technical Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	1
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****Machine Learning 1 – Theory and applications to classification, clustering, and regression****Course title English**

Machine Learning 1 – Theory and applications to classification, clustering, and regression

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Studierenden werden mit den nachfolgenden Zusammenhängen vertraut gemacht (auch wenn sie in nachfolgenden unterschiedlichen Einzelveranstaltungen wiederholt und vertieft werden):

Grundlegende Einordnung Künstliche Intelligenz – Maschinelles Lernen – Lernen – Intelligenz

Einteilung der Methoden und Zusammenhänge

Nutzung am Beispiel FD/FDI

Mathematische Strukturen und Modelle

Probleme der Anpassung durch zu wenige/zu viele Details

Relation, Attribute, Trees, Tabellen

Nicht/lineare Beschreibung durch Gleichungen: Regression

Nutzung von Kernels

Instanzenbasierte Abbildung

Multivariable Statistik: Kernels, Dichte, Distanzen

Datentransformation: u.a. Warping

Adaption von Abbildung: überwachtes und nicht überwachtes Lernen

Lossfunktionen, Overfitting, Underfitting, Crossvalidation, Bootstrapping

Ergebnisvergleich: ROC, PR, ACC, DR, RC, ...

Methoden: SVM, RF, DT, NN, k-means

Entscheidungsfusion

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden erlernen im Kontext ingenieurwissenschaftlicher Nutzung die grundlegenden Begriffe (ML, AI, Lernen) und zu nutzen. Methodenunabhängig lernen die Studierenden die Grundidee der Modellierung datenbasierter Ansätze durch geeignete mathematische und algorithmische Strukturen kennen. Sie erkennen, dass die Adaption von Strukturen und Gleichungen an Daten die Abbildung von inhärenten Zusammenhängen erlaubt und lernen die Möglichkeiten kennen sich grundsätzlich beliebige eigene Modellstrukturen zu generieren und diese anzupassen. Die hierzu notwendigen Grundkonzepte werden vermittelt. Konkrete und übliche Methoden werden weitergehend erkannt und die Nutzung wird gelernt. Neben den grundsätzlichen theoretischen Zusammenhängen lernen die Studierenden mittels der Nutzung von einschlägigen Programmsystemen (hier: Matlab/Simulink) die schnelle Nutzung von Tools für unterschiedliche Anwendung kennen. Die Studierenden sind im Anschluss an diesen Kurs in der Lage eigenständig Aufgabenstellungen mit Hilfe üblicher Programmsysteme (hier: Matlab/Simulink) selbstständig umzusetzen und zu erweitern.

**Description / Content English**

Students will become familiar with the following contexts (even if they are repeated and deepened in subsequent different individual courses):

Basics: Artificial Intelligence - Machine Learning - Learning – Intelligence Classification of methods and contexts  
Motivation: Application for FD/FDI tasks Mathematical structures and models Problems of adaptation by too few/too many details Relation, attributes, trees, tables Non/linear description by equations: Regression Use of kernels Instance-based mapping Multivariable statistics: kernels, density, distances Data transformation: e.g. warping Adaptation of mapping: supervised and unsupervised learning Loss functions, overfitting, underfitting, crossvalidation, bootstrapping Comparison of results: ROC, PR, ACC, DR, RC, ... Methods: SVM, RF, DT, NN, k-means Decision fusion

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

In the context of engineering use, students learn the basic concepts (ML, AI, learning) and how to use them. Independently of methods, students learn the basic ideas of modeling data-based approaches using appropriate mathematical and algorithmic structures. They recognize that the adaptation of structures and equations using data allows the mapping of inherent relationships and learn about the possibilities to basically generate their own model structures and to adapt them. The basic concepts necessary for this are taught. Concrete and common methods are further recognized and the use is learned. In addition to the basic theoretical contexts, the students learn how to quickly use tools for different applications by using relevant program systems (here: Matlab/Simulink). After this course, the students are able to independently implement and extend tasks using common program systems (here: Matlab/Simulink).

### **Literatur**

- Witten, I. H.; Eibe, F.; Hall, M.A.: Data mining - practical machine learning tools and techniques. 3 rd ed., Elsevier 2011
- Hastie, T.; Tibshirani, R.; Friedman, J.: Data Mining, Inference, and Prediction - The Elements of Statistical Learning, Second Edition, Springer, 2009
- James, G.; Witten, D.; Hastie, J.; Tibshirani, R.: An Introduction to Statistical Learning with Applications in R, Springer, 2013
- Chao, W.L.: Machine Learning Tutorial, DISP Lab, Graduate Institute of Communication Engineering, National Taiwan University, Taiwan, 2011
- Carrazza, S.: Lectures on Machine Learning, European Organization for Nuclear Research (CERN), TAE2018, 2018
- Mohri, M.: Introduction to Machine Learning, Lecture material, Courant Institute, New York State University and Google Research, 2011.
- Zisserman, A.: Machine Learning. Lecture material, Oxford University, UK, 2015.

**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****Mathematik E4****Course title English**

Mathematics E4

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Folgende Themen werden behandelt:

Vektoranalysis

- Potentialfunktionen und Kurvenintegrale
  - Integration in mehreren Veränderlichen
  - parametrisierte Flächen
  - Flächenintegrale
  - Flussintegrale
  - Der Satz von Green
  - Der Satz von Stokes
  - Der Satz von Gauß
- Partielle Differentialgleichungen
- Einführung
  - Die Greenschen Formeln
  - Poissonsche Integralformeln für die Kreisscheibe und die Kugel
  - Distributionen (Grundlagen)

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind in der Lage, Potentialfunktionen von konservativen Vektorfeldern zu berechnen.

Sie können die wichtigsten Flächen parametrisieren. Sie sind in der Lage, Flächen- und Flussintegrale zu berechnen und dazu die Integralsätze zu verwenden. Sie wissen was ein Randwertproblem ist und können dies für einfache Gebiete lösen.

**Description / Content English**

The course deals with the following subjects:

Vector analysis

- Potential functions and line integrals
- Integration in several variables
- Parameterized surfaces
- Surface integrals
- Flow integrals
- Green's theorem
- Stoke's theorem
- Gauss's theorem

Partial differential equations

- Introduction
- Green's identities
- Poisson's integration equations over a circular disk and a sphere

- fundamentals of Distributions

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

The students are able to compute potential functions of conservative vector fields. They know how to parametrize important surfaces. They are also able to calculate surface- and flow integrals and in so doing apply integral theorems. They know what a boundary value problem is and are capable of solving such problems for simple cases.

### **Literatur**

Burg, Haf, Wille: Mathematik für Ingenieure, I-IV,2002;  
Marsden, Tromba: Vectoranalysis,1996;  
Kevorkian: Partial Differential Equations,2000;  
Renardy/Rogers: A first graduate course in Partial Differential Equations,2004;  
Evans: Partial Differential Equations, 2010.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Mehrgrößenregelung****Course title English**

Modern Control Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	1
<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 Lehrveranstaltung werden Regelungstechnische Verfahren für MIMO-Systeme (Multiple Inputs and Multiple Outputs) vorgestellt, welche auf der so genannten Zustandsraumdarstellung dynamischer Systeme basieren, und deren Grundlage seit Anfang der 60er-Jahre unter dem Begriff "moderne Regelungstheorie" entwickelt wurde. Anderes als die klassische Regelungstheorie, wo die Systemanalyse und der Reglerentwurf auf dem Übertragungsverhalten des betrachteten Systems basieren, gehen die Zustandsraumverfahren von der Gewinnung der Information über die Zustandsgrößen des Systems aus. Dies ermöglicht nicht nur einen tieferen Einblick in die strukturellen Eigenschaften des Systems und damit den Entwurf des so genannten Zustandsreglers, sondern auch eine effektive Nachbildung der Zustandsgrößen. Diese Technologie gewinnt in der Praxis zunehmend an Bedeutung. In dieser Vorlesung wird zunächst die Aufstellung von Zustandsraummodellen vorgestellt. Es folgt die Beschreibung der strukturellen Eigenschaften des Systems u.a. invariante Nullstellen, Polstellen, Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit. Vorgestellt werden ferner die so genannten Zustandsraumverfahren für den Reglerentwurf. Im Zusammenhang mit dem Entwurf des Zustandsreglers werden schließlich verschiedene Verfahren zum Entwurf des so genannten Beobachters zur Nachbildung von Zustandsgrößen bzw. Störgrößen vorgestellt.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden können Regelungstechnische Systeme im so genannten Zustandsraum modellieren und analysieren. Sie können Zustandsregler und unterschiedliche Typen von Beobachtern entwerfen.

**Description / Content English**

In this course, the state space description of MIMO dynamic systems is first introduced. It is followed by the study on system structural properties like invariant zeros, poles, controllability and observability. Moreover, different methods of designing state feedback controllers, observer based state feedback controllers as well as optimal state feedback controllers are presented. The final part of this course is devoted to the design of state observers and unknown input observer.

**Learning objectives / skills English**

The students should be able to model dynamic systems in the state space representation and to design state feedback controller and observers.

**Literatur**

- [1] S. X. Ding, Vorlesungsskript "Mehrgrößenregelung" (wird jährlich aktualisiert, per Download verfügbar, will be updated and available for download)
- [2] J. Lunze, Regelungstechnik II (Mehrgrößensysteme), 7. Auflage, Springer-Verlag, 2013
- [3] H. Unbehauen, Regelungstechnik II, 10. Auflage, Verlag-Vieweg, 2000.

- [4] G. F. Franklin, J. D. Powell and A. Emami-Naeni, Feedback control of dynamic systems, the 5th edition, Prentice Hall, 2006.
- [5] E. C. Dorf and R. H. Bishop, Modern control systems, Pearson Prentice Hall, 10th edition, 2005.
- [6] C-T. Chen, Linear system theory and design, Oxford university press

**Kursname laut Prüfungsordnung****Modelling and Simulation of Dynamic Systems****Course title English**

## Modelling and Simulation of Dynamic Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Englisch	1
<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**

Nach einer Einführung in Ziele und Bedeutung von Modellbildung und Simulation werden zunächst numerische Verfahren zur Lösung von gewöhnlichen Differentialgleichungen (diverse implizite und explizite Ein- und Mehrschrittverfahren, andere Verfahren) und deren Eigenschaften (numerische Stabilität, lokale und globale Fehler, Eignung für steife DGLs, bei Sprüngen und für Schrittweitensteuerung) behandelt. Die Lösung partieller DGLs wird lediglich durch ein Beispiel mit Zeit- und Ortsdiskretisierung angedeutet.

Das Kapitel über experimentelle Modellbildung befasst sich zunächst mit Vorgehensweise und Wahl der Testsignale. Es folgen Verfahren zur Gewinnung nichtparametrischer Modelle. Die direkte Parameterbestimmung aus Sprungantworten beschränkt sich auf einfache lineare dynamische Systeme. Für allgemeine Parameterschätzverfahren (wie sie in der "System Identification Toolbox" von MATLAB implementiert sind) werden die zugrunde liegenden Modelle dargestellt. An einem Verfahren wird die Rückführung auf ein Least-Squares-Problem gezeigt und bezüglich weiterer Details auf die Vorlesung "State and Parameter Estimation" verwiesen. Weitere Methoden werden nur als Ausblick angedeutet.

Physikalische Grundlagen aus Mechanik, Thermodynamik und Strömungslehre werden in kurzer Form zusammengefasst. Die Anwendung erfolgt zur theoretischen Modellbildung (zur Gewinnung "rigoroser Modelle") für zahlreiche Beispiele, so z.B.: Antrieb mit Gleichstrommotor, Pumpe und Kompressor, Ventil, Wärmetauscher, beheizter Behälter (Flüssigkeit, Gas, kochende Flüssigkeit und Dampf), Rührkesselreaktor mit chemischer Reaktion.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen numerische Lösungsverfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen in ihren Eigenschaften beurteilen und für einen gegebenen Anwendungsfall auswählen können. Sie sollen verschiedene Verfahren zur experimentellen Systemidentifikation anwenden können. Sie sollen auch in der Lage sein, für einige einfache in der Verfahrenstechnik wichtige physikalische Systeme rigorose (theoretische) Modelle aufzustellen.

**Description / Content English**

After an introduction into goals and significance of modelling and simulation, numerical methods for solving ordinary differential equations (various implicit and explicit single step and multi-step methods, other methods) and their properties (numeric stability, local and global errors, suitability for stiff differential equations, for step inputs and for step width control) are considered. For the solution of partial differential equations, there is only a hint by an example with space and time discretization.

The chapter "experimental modelling" at first discusses principles and choice of test signals, followed by methods for gaining nonparametric models. For general parameter estimation methods, as they are contained in the MATLAB system identification toolbox, the basic models are presented. For one method, the reduction to a

least-squares problem is shown; for further details the lecture refers to another lecture ("state and parameter estimation"). Other methods are only mentioned as outlook.

A short overview over physical fundamentals from mechanics, thermodynamics and fluid dynamics is given. These fundamentals are applied for theoretical modelling (gaining rigorous models) for numerous examples, e.g.: DC drive, pump and compressor, valve, heat exchanger, heated vessel (liquid, gas, boiling liquid and vapour), stirring vessel reactor with chemical reaction.

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

The students should be able to apply numerical methods for the solution of ordinary differential equations and to evaluate their properties and suitability for a given application case. They are expected to apply various methods for experimental system identification. Also, they should be able to formulate rigorous (theoretical) models for some simple systems, which are important in process industry.

### **Literatur**

- [1] Maier, Uwe: Vorlesungsskript "Modelling and Simulation of Dynamic Systems" (steht größtenteils zum Download zur Verfügung, wird jährlich aktualisiert).
- [2] Thomas, Philip: Simulation of Industrial Processes for Control Engineers. Butterworth Heinemann, 1999.  
- Weitere umfangreiche Literaturliste zu den einzelnen Kapiteln in den Vorlesungsunterlagen.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Modelling and Simulation of Dynamic Systems Lab****Course title English**

Modelling and Simulation of Dynamic Systems Lab

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
1	WS	Englisch	1
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		1	

**Prüfungsleistung**

Ausreichende Vorbereitung gemäß Versuchsbeschreibungen und aktive Teilnahme an allen Versuchen.

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Versuche dienen zur Vertiefung des Verständnisses der Vorlesung "Modelling and Simulation of Dynamic Systems". Mit MATLAB/SIMULINK werden folgende Themenbereiche vertieft:

- Numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen und ihre Eigenschaften,
- ein Beispiel zur Lösung einer partiellen Differentialgleichung (eindimensionale Wärmeleitung),
- theoretische Modellbildung und nachträgliche Anpassung (Optimierung) der Parameter an Messungen,
- experimentelle Modellbildung mittels der System Identification Toolbox von MATLAB.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Siehe Beschreibung der Vorlesung "Modelling and Simulation of Dynamic Systems".

**Description / Content English**

Goal of the experiments is deepening the understanding of the lecture "Modelling and Simulation of Dynamic Systems". With MATLAB/SIMULINK the following subjects are treated:

- Numerical methods for the solution of ordinary differential equations, and their properties;
- an example for the solution of a partial differential equation (1-dimensional heat conduction);
- theoretical modelling, followed by parameter optimisation for matching experimental data;
- experimental modelling by means of the MATLAB system identification toolbox.

**Learning objectives / skills English**

See description of lecture "Modelling and Simulation of Dynamic Systems".

**Literatur**

Siehe Vorlesung "Modelling and Simulation of Dynamic Systems".

**Kursname laut Prüfungsordnung****Neuroinformatik und Organic Computing****Course title English**

Neurocomputing and Organic Computing

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**

Die Veranstaltung behandelt wichtige Typen von vorwärts gerichteten Neuronalen Netzen, wie Mehrschicht-Perzeptron, Radiale Basisfunktionen Netze, Tiefe Faltungsnetze und Support Vektor Maschinen. übergreifend werden das grundlegende Problem des algorithmischen Lernens vorgestellt, nämlich das Bias-Varianz-Dilemma, sowie Lösungen diskutiert. Bezug nehmend auf Organic Computing werden self-X Fähigkeiten untersucht. Ein besonderer Wert wird darauf gelegt, einen Zusammenhang zu grundlegenden Techniken aus anderen Disziplinen herzustellen, wie Gradientenabstieg, lineare und quadratische Optimierung, statistische Entscheidungstheorie. Typische Anwendungen werden exemplarisch behandelt, wie Signalfilterung, Mustererkennung, Roboterkontrolle. Inhalte im Einzelnen:

- Einführung
- McCulloch-Pitts Zelle, Perzeptron, Adaline
- Statistische Entscheidungstheorie
- Mehrschichtnetze, Tiefe Faltungsnetze
- Netze radialer Basisfunktionen
- Bias-Varianz-Dilemma
- Netze von Support Vektoren
- Organic Computing

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen für ausgewählte Typen von Neuronalen Netzen deren Struktur und Lernmethodik verstehen, die grundlegende mathematische Fundierung nachvollziehen können, die prinzipielle Wirkung und die mögliche Anwendbarkeit kennen. Sie sollen für ausgewählte Problemstellungen potentiell sinnvolle Netztypen und Lernverfahren vorschlagen können.

**Description / Content English**

The course treats important types of feed-forward neural networks, such as Multi-Layer Perceptron, Radial Basis Function networks, Deep Convolutional Networks, Support Vector Machines. In a comprehensive manner, the basic problem of algorithmic learning is treated, including Bias-Variance Dilemma, and solutions are presented. Related to Organic Computing, self-X competences are discussed. A special effort is put on relationships to basic techniques from other fields, e.g. gradient descent, linear and quadratic optimization, statistical decision theory. Typical applications include signal filtering, pattern recognition, robot control. Contents at a glance:

- Introduction
- McCulloch-Pitts Zelle, Perzeptron, Adaline
- Statistical decision theory
- Multi-Layer Perceptron, Deep Convolutional Networks

- Radial Basis Function Networks
- Bias-Variance-Dilemma
- Support Vector Machines
- Organic Computing

### Learning objectives / skills English

The students should understand for certain types of neural networks their structure and learning method, as well as the mathematical foundation, and they should know possible applications. They have the competence to propose for certain types of problems, the potentially useful types of networks and learning procedures.

### Literatur

- C. Bishop: Neural Networks for Pattern Recognition; Oxford Press, 1995.
- C. Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning; Springer, 2006.
- I. Goodfellow, et al.: Deep Learning; MIT Press, 2016
- T. Hastie, et al.: The Elements of Statistical Learning, Springer, 2003.
- M. Mohri, et al.: Foundations of Machine Learning; MIT Press, 2012.
- R. Rojas: Neuronale Netze; Springer-Verlag, 1996.
- Z. Zell: Simulation neuronaler Netze; Addison-Wesley, 1994.
- Aktuelle eigene Artikel sowie Bachelor-/Master-/Doktorarbeiten.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Nicht-technischer Katalog MA****Course title English****Non-technical Catalog MA**

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
8	WS/SS	Deutsch/Englisch	0
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
			6

**Prüfungsleistung**

Die Art und Dauer der Prüfung wird vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Mit diesem Modul soll den Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, im Rahmen des Studiums neben den rein technischen Veranstaltungen auch so genannte „nicht-technische Fächer“ nachweislich 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 Vertiefung der Allgemeinbildung der Studierenden und ggf. die Verstärkung der sprachlichen Kompetenz 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****Nonlinear Control Systems****Course title English**

Nonlinear Control Systems

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Englisch	1
<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**

Ziel der Lehrveranstaltung ist es, Grundkenntnisse der nichtlinearen Regelungstheorie zu vermitteln und neue Ansätze zur Analyse und zum Entwurf nichtlinearer Systeme vorzustellen.

Inhalt: Einführung, Analyse in der Phasenebene, Stabilitätstheorie, Linearisierung durch Rückkopplung, adaptive Regelung, Sliding-Mode-Regelung, Entwurf von Beobachtern für nichtlineare Systeme.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen nichtlineare regelungstechnische Systeme modellieren, deren Dynamik und Stabilität analysieren und geeignete Regler konzipieren und entwerfen.

**Description / Content English**

During the last two decades, development of advanced nonlinear control system theory has received much attention. This course is devoted to the essentials of the nonlinear system analysis and to the introduction of some advanced methods of analyzing and designing nonlinear control systems developed in recent years. First, different methods and tools for the description of nonlinear systems are introduced. Stability study with emphasis on the Lyapunov methods builds the basis for the further study. It is followed by the study on passive and dissipative systems, and presentation of different methods of nonlinear controller design including the feedback linearization, sliding control, adaptive control schemes and nonlinear observer design.

**Learning objectives / skills English**

The students should be able to model nonlinear control systems, to analyze the system dynamic behavior, in particular the stability using different methods, and to design nonlinear control systems for applications.

**Literatur**

- [1] S. X. Ding, Vorlesungsskript "Nonlinear control systems" (wird jährlich aktualisiert, per Download verfügbar, will be updated and available for download)
- [2] H. K. Khalil: Nonlinear systems, the 3rd edition, Prentice Hall, 2002.
- [3] J.-J. E. Slotine and W. Li, Applied nonlinear control, Prentice Hall, 1991

**Kursname laut Prüfungsordnung****Nonlinear Control Systems Lab****Course title English**

Nonlinear Control Systems Lab

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Im Rahmen des Praktikums sollen die Studierenden an Versuchsständen mit realen nichtlinearen Regelstrecken verschiedene Regelungsmethoden, die Umsetzung regelungstechnischer Konzepte und On-line-Implementierung kennen lernen.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen in der Lage sein, die im Labor vorhandenen nichtlinearen regelungstechnischen Systeme zu modellieren und analysieren und ferner geeignete Regler zu entwerfen.

**Description / Content English**

The students will learn how to develop a control scheme for nonlinear processes and how to realize the developed controller on-line under real application conditions. For this purpose, different laboratory systems with real plants and design software (MATLAB) are available.

**Learning objectives / skills English**

The students will be able to model, analyze the nonlinear control systems being available in the lab and to design satisfactory nonlinear control systems.

**Literatur**

Introduction to the lab. / Versuchsanleitung

**Kursname laut Prüfungsordnung****Numerical Mathematics****Course title English**

Numerical Mathematics

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Folgende Themen werden behandelt:

## 1. Fehleranalyse

Darstellung von Zahlen, Gleitpunktzahlen, Rundungsfehler, Fehlerfortpflanzung, Fehlerfortpflanzung bei arithmetischen Operationen, Konditionierung

## 2. Nichtlineare Gleichungen

Die Sekantenmethode, das Newtonverfahren, Fixpunktverfahren, Nullstellen von Polynomen, Systeme nichtlinearer Gleichungen, das Newtonverfahren für Systeme

## 3. Lineare Gleichungssysteme

Die LR- und Cholesky-Zerlegung, die LR-Zerlegung, die Cholesky-Zerlegung, das Gaußsche Eliminationsverfahren, die QR-Zerlegung, Problem der kleinsten Quadrate, Iterative Lösungen, das Jacobi-Verfahren, das Gauß-Seidel-Verfahren, Konvergenzeigenschaften

## 4. Bestimmung von Eigenwerten

Die Potenzmethode, Gerschgorinkreise, die QR-Methode, Hessenbergmatrizen

## 5. Gewöhnliche Differentialgleichungen

Trennung der Veränderlichen und lineare Gleichungen, Einschrittverfahren, das Eulerverfahren, das verbesserte Eulerverfahren, das Runge-Kutta-Verfahren

## 6. Interpolation

Lagrange-Polynome, Interpolationsfehler, Dividierte Differenzen, Splines

## 7. Integration

Gaußsche Quadraturformeln

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen lernen, typische Probleme aus der Ingenieurmathematik mit numerischen Verfahren zu lösen, darunter lineare und nichtlineare Gleichungssysteme, Eigenwerte, Interpolation, Differentialgleichungen und Integration. Sie sollen lernen, abstrakt formulierte Methoden in eine konkrete Berechnung umzusetzen und diese Verfahren hinsichtlich Genauigkeit und Effizienz zu beurteilen.

**Description / Content English**

The course deals with the following subjects:

## 1 Error Analysis

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

## 2 Nonlinear equations

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

## 3 Systems of Linear Equations

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

#### 4 Finding Eigenvalues

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

#### 5 Ordinary Differential Equations

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

#### 6 Polynomial Interpolation

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

#### 7 Numerical Integration

Gaussian Quadrature

### Learning objectives / skills English

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

### Literatur

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

**Kursname laut Prüfungsordnung****Numerische Berechnungsmethoden für inkompressible Strömungen 2****Course title English****Computational Fluid Dynamics for Incompressible Flows 2**

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	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**

Die Vorlesung befasst sich mit den Grundlagen der numerischen Berechnungsmethoden für inkompressible Strömungen.

Es erfolgt eine Einführung in die Turbulenzmodellierung, wobei die aktuell gebräuchlichen Modelle im Detail erläutert werden. Zusätzlich wird besonders auf schiffstechnisch relevante Themen wie Strömungen mit freien Oberflächen, Mehrphasenströmungen (Kavitation) und relativ bewegte Systeme bzw. Gitter sowie Parallelisierungen eingegangen.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind in der Lage, Methoden der numerischen Strömungsmechanik zu erläutern und anzuwenden. Sie sind fähig numerische Methoden für Problemstellungen im maritimen Bereich (turbulente Strömungen, Mehrphasenströmungen) selbständig auszuwählen und anzuwenden.

**Description / Content English**

The lecture deals with the basics of computational fluid dynamics for incompressible flows. An introduction is given to the modeling of turbulences, explaining the common models in detail. Additionally, particular emphasis is given to free surface flows, multiphase flows (cavitation), moving grids and parallel computing.

**Learning objectives / skills English**

The students are able to explain and apply the CFD methods. They are in a position to select and apply the appropriate tools to find a solution to common problems in the maritime sector (turbulent and multiphase flows).

**Literatur**

J. H. Ferziger, M. Peric: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer-Verlag, 2002

H. K. Versteeg, W. Malalasekera: An Introduction to Computational Fluid Dynamics, Pearson Education Limited, Second Edition, 2007

**Kursname laut Prüfungsordnung****Operationsverstärker Praktikum****Course title English**

Operational Amplifier Lab

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Das Ziel dieses Praktikums ist das Verständnis der grundlegenden Funktionsweise und Eigenschaften von Operationsverstärkern (OpAmps). Ihre Einsatzmöglichkeiten in elektronischen Schaltungen sollen die Studenten zu eigenen Schaltungsentwürfen und einem besseren Verständnis von komplexen Schaltungen führen. Beginnend mit der Messung und Auswertung der wichtigsten Parameter eines OpAmps werden Schaltungen wie Addierer, Multiplizierer, Verstärker und aktive Filter berechnet und untersucht. Abschließend werden Oszillatoren und Generatoren entwickelt und getestet.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sind in der Lage, Schaltungen mit Operationsverstärkern zu berechnen und die theoretischen Ergebnisse an Hand von Messungen zu kontrollieren.

**Description / Content English**

The aim of practical exercise is the understanding of the basic functionality and qualities of operational amplifiers (OpAmps). Their application potential in electronic circuits should lead the students to own circuit ideas and a better understanding of complicated circuits.

Beginning with the measurement and evaluation of the most important parameters of OpAmps circuits like adder, multiplicators, amplifiers and active filters are calculated and measured. Finally, oscillators and generators are developed and tested.

**Learning objectives / skills English**

The students are able to calculate circuits based on operational amplifiers and to check the theoretical results with help of measurements.

**Literatur**

Praktikumsunterlagen (als Download verfügbar)

**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
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
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****Power System Operation and Control Lab****Course title English**

Power System Operation and Control Lab

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

In diesem Praktikum werden Kenntnisse über Aufbau, Betrieb und Regelung elektrischer Energieversorgungsnetze vertieft. Hierfür stehen im Fachgebiet Elektrische Anlagen und Netze 6 Praktikumsversuche zur Verfügung. In einem Eingangskolloquium wird zuerst die Vorbereitung der Studenten überprüft. Danach erfolgen Messungen an den Anlagen unter Anleitung eines Assistenten. über die Ergebnisse ist ein Protokoll anzufertigen.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

In diesem Praktikum können Studenten ihre Kenntnisse über Aufbau, Betrieb und Regelung von elektrischen Energieversorgungsnetze vertiefen.

**Description / Content English**

In this lab students have to enhance their knowledge about structure, operation and control of power systems. For this the department provides 6 lab experiments. In the first step the preparation of students for the lab will be controlled. Then, the students carry out measurements under supervision of an assistant. Finally a written report about the measurements results is required.

**Learning objectives / skills English**

In this lab students can enhance their knowledge about structure, operation and control of power systems.

**Literatur**

Script to the lab

**Kursname laut Prüfungsordnung**

Prozessautomatisierung

**Course title English**

Process Control Engineering

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	1
<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****Qualitative Methoden der Regelungstechnik 2: Automaten und Netze****Course title English**

Qualitative Methods in Automation 2: Automata and Nets

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**

Ingenieurwissenschaftliche Anwendungsfelder für Automaten und Netze

- Vorbereitungen: Zeit, Logik, Modelle
- Zustandsautomaten: Theorie, Umsetzung und Anwendung
- Petrinetze: Theorie, Variationen, Umsetzung und Anwendung
- Hybride Modellbildung

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Regelungs- und Automatisierungstechnik ist – auf Grund ihres fachübergreifenden, systemorientierten Ansatzes – eine moderne und grundlegende Ingenieurdisziplin. In zahlreichen Anwendungen der Automatisierungstechnik, z. B. Verkehrstechnik, Logistik, Ablaufsteuerungen etc. bzw. verwandter Disziplinen wie der Zuverlässigkeitstechnik kommen häufig qualitative Methoden der Regelungstechnik zum Einsatz, z. B. als Zustandsautomaten, Petrinetze, farbige Petrinetze etc. Die Veranstaltung führt in deren grafentheoretische Grundlagen ein, stellt die Zusammenhänge zur Regelungstheorie wie zur Systemtheorie dar. Studierende sollen die entsprechenden Zusammenhänge und Begriffe erlernen und anzuwenden beherrschen.

**Description / Content English**

Scientific engineering applications for machines and networks

- Preparations: Time, logic, models
- State Machines: Theory, Implementation and Application
- Petri nets: theory, variations, implementation and application
- Hybrid Modeling Description (English):

**Learning objectives / skills English**

The control and automation technology - due to their interdisciplinary, system-oriented approach - is a modern and basic engineering discipline. In numerous applications of automation technology, such as transportation, logistics, process controls, etc. or related disciplines such as reliability engineering often qualitative methods of control technology are used, for example, as state machines, Petri nets, colored Petri nets, etc. The event will introduce the theoretical principles of graphs and links to control theory and to systems theory. Students should learn the corresponding relationships and concepts and to apply them.

**Literatur**

- J. Lunze: Automatisierungstechnik, 2003
- L. Litz: Grundlagen der Automatisierungstechnik, 2005
- E. Alpaydin: Maschinelles Lernen, 2008
- A. Angermann et al: Matlab, Simulink, Stateflow, 2005
- V. Thurau: Algorithmische Graphentheorie, 2004

U. Kiencke: Ereignisdiskrete Systeme, 2006

**Kursname laut Prüfungsordnung****Qualitative Methods in Automation 1: Programming in Process Control Systems****Course title English**

## Qualitative Methods in Automation 1: Programming in Process Control Systems

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**

überblick über die Architektur automatisierter Systeme, Aufbau und Funktion von Automatisierungssystemen, SPS-Programmierung (klassische IEC 61131-3-Sprachen, objektorientierte Erweiterung der IEC 61131-3-Sprachen), Bussysteme und Bewegungssteuerung.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden lernen die Grundlagen der industriellen Automatisierung mit Schwerpunkt auf speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS). Dies umfasst einen überblick über Steuerungs- und Regelungstechnik und die Grundlagen der Normen IEC 61131-3, wie sie in gängigen SPS-Systemen implementiert sind. Darüber hinaus wird ein überblick über gängige Netzwerktopologien und Bewegungssteuerung gegeben. Die Studierenden lernen, Steuerungsaufgaben mit Hilfe von Kontaktplänen, Funktionsblöcken, Anweisungslisten, strukturiertem Text und strukturierten Flussdiagrammen sowie kontinuierlichen Funktionsplänen zu implementieren. Darüber hinaus lernen die Studenten in der Vorlesung und in praktischen übungen, wie man mit Hilfe der Programmierplattform CODESYS einfache Programme auf einem industriellen SPS-System erstellt, Fehler behebt, lädt und ausführt.

**Description / Content English**

Overview of automated systems architecture, Design and function of automation systems, PLC programming (Classic IEC 61131-3 Languages, Object-oriented extension of IEC 61131-3 languages), Bus systems and motion control.

**Learning objectives / skills English**

Students learn the fundamentals of industrial automation with a focus on Programmable Logic Controllers (PLCs). This comprises an overview of open loop and closed loop control and the fundamentals of IEC 61131-3 standards as implemented in common PLC systems. In addition, an overview of common network topologies and motion control is presented. The students learn to implement control tasks using ladder diagram, function blocks, instruction list, structured text, and structured flow charts, as well as continuous function charts. Further, the students learn in the lecture and hands-on practical exercises how to create, troubleshoot, load and run simple programs on an Industrial PLC system using the CODESYS programming platform.

**Literatur**

K.-H John und M. Tiegelkamp: IEC61131-3: Programming Industrial Automation Systems, Springer, 2001.

G. Wellenreuther und D. Zastrow: Automatisieren mit SPS – Theorie und Praxis, Vieweg Verlag, 2005.

B. Vogel-Heuser und A. Wannagat: Modulares Engineering und Wiederverwendung mit CoDeSys V3, Oldenbourg Industrieverlag, München, 2009.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Regelungstechnisches Aufbaupraktikum****Course title English**

Advanced Control Lab

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Im Rahmen des Aufbaupraktikums sollen die Studierenden an Versuchsständen mit realen Regelstrecken verschiedene Regelungsmethoden, die Umsetzung regelungstechnischer Konzepte und deren Online-Implementierung kennen lernen.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen in der Lage sein, die im Labor vorhandenen regelungstechnischen Systeme zu modellieren und zu analysieren und ferner geeignete Regler zu entwerfen.

**Description / Content English**

The students learn how to develop a control scheme for a given process and how to realize the developed controller on-line under real application conditions. For this purpose, different laboratory systems with real plants and design software (MATLAB) are available.

**Learning objectives / skills English**

The students are able to model and analyze different laboratory systems and to develop suitable control schemes.

**Literatur**

AKS internal document: Instruction to Advanced Control Lab

**Kursname laut Prüfungsordnung****Robust Control****Course title English**

Robust Control

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Englisch	1
<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**

Robuste Regelung ist ein Forschungs- und Entwicklungsgebiet, dem in den letzten 20 Jahren große Aufmerksamkeit ununterbrochen gewidmet wurde. Ziel der Vorlesung ist es, Grundkenntnisse der robusten Regelung zu vermitteln und neue Ansätze zum Entwurf robuster Regler vorzustellen.

Die Vorlesung besteht aus vier Teilen. Es werden dabei die Systemstrukturen, Parametrisierungen von Reglern und Beobachtern sowie Standard-entwurfsverfahren für Systeme mit Störgrößen oder Modellunsicherheit behandelt. Ferner werden Faktorisierungstechnik sowie LMI- (linear matrix inequality) Technik vorgestellt.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen in der Lage sein, Systeme mit Störgrößen und Modellunsicherheit beschreiben und analysieren zu können. Ferner sollen sie einfache robuste Regler.

**Description / Content English**

Due to its importance in practice, robust control technique is one of the research and development fields in control engineering, which continuously received the most attention during the last two decades. The focus of this course is the introduction to the essentials of the robust control theory, to the computational tools and some design methods.

The course consists of four parts. In Part I, Introduction, the system configurations and internal stability of feedback loops are addressed. Part II, Control system configurations, parameterizations, and tools, is dedicated to parameterizations of stabilization controllers as well as observers and their configurations. The major mathematical tool is the factorization technique. In Part III, System analysis, controller design and design tools, standard robust control schemes, the so-called  $H_2$  and  $H_{\infty}$  control schemes as well as the associated mathematical knowledge are introduced. Moreover, the LMI (linear matrix inequality) technique for the system analysis and design is presented. Part IV, Robust controller design for uncertain systems, deals with systems with model uncertainties. Some basic schemes are introduced.

**Learning objectives / skills English**

The students will be able to model and analyze uncertain control systems and to design different robust controllers.

**Literatur**

[1] S. X. Ding, Vorlesungsskript "Robust control" (wird jährlich aktualisiert, per Download verfügbar, will be updated and available for download)

[2] K. Zhou, Essentials of robust control, Prentice Hall, 1998

[3] S. X. Ding, Data-driven design of fault diagnosis and fault-tolerant control systems, Springer-Verlag, 2014

**Kursname laut Prüfungsordnung****State and Parameter Estimation****Course title English**

## State and Parameter Estimation

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Englisch	1
<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**

Zur Modellierung (mathematische Beschreibung) eines dynamischen Systems werden vollständige Informationen über die Modellstruktur, die Zustandsgrößen und die Modellparameter benötigt. In dieser Vorlesung werden Methoden

- zur Zustandsschätzung
- zur Parameteridentifikation
- zur Systemidentifikation

behandelt. Ferner werden Methoden zur direkten Identifikation von Reglern und Beobachtern vorgestellt.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden sollen verschiedene Methoden zur Zustandsschätzung und Parameteridentifikation kennenlernen und diese in Form von Algorithmen umsetzen können.

**Description / Content English**

A dynamic system is well described by its model structure, state variables and model parameters. In practice, they are often unknown and should be identified or estimated. In this course, basic methods for the identification and estimation of state variables and system parameters are introduced.

The course consists of four thematic blocks.

In Block I, State estimation - Kalman filter and observer schemes, different types of Kalman filters and observer schemes are introduced on the assumption that the system model and parameters are available, including

- state estimation in static processes
- State estimation in (linear) dynamic processes
- H2 optimal observer.

In Block II, Parameter identification -

Least squares parameter estimation schemes, parameter identification is dealt on the assumption of a given system structure. Topics like parameter estimation in static processes, parameter estimation in dynamic processes and recursive algorithms are addressed.

In case that the system is a block box, system identification is needed. In Block III, System identification - Subspace identification methods (SIM), the basic ideas and procedure of SIM are first introduced. It is followed by some standard SIMs. Block IV, SIM-added identification of kernel and image representations and data-driven design of feedback controllers and observers, is dedicated to the introduction of some data-driven design methods for controllers and observers.

**Learning objectives / skills English**

The students should learn basic state estimation and parameter identification methods and be able to implement them in form of algorithms.

## Literatur

- [1] S. X. Ding, Vorlesungsskript "State and parameter estimation" (wird jährlich aktualisiert, per Download verfügbar, will be updated and available for download)
- [2] T. Kailath and A. Sayed and B. Hassini, Linear estimation, Prentice Hall, 1999.
- [3] R. Isermann and M. Münchhof, Identification of Dynamic Systems Springer-Verlag, 2011
- [4] B. Huang and R. Kadali, Dynamic Modeling, Predictive Control and Performance Monitoring - A Data-driven Subspace Approach. Springer-Verlag, London 2008
- [5] S. X. Ding, Data-driven design of fault diagnosis and fault-tolerant control systems, Springer-Verlag, 2014.

**Kursname laut Prüfungsordnung****Systemzuverlässigkeit und Notlaufstrategien****Course title English**

System reliability and limp-home strategies

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**

- Mathematische Grundlagen der Statistik
- Systemzuverlässigkeit
- Notlaufkonzepte
- Anwendungen

Zur Veranschaulichung der Lehrinhalte werden Übungen durchgeführt.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Studierende erlernen die Grundlagen der Zuverlässigkeitstechnik einschließlich der notwendigen statistischen Grundlagen. Aufbauend auf diesen Methoden lernen die Studierenden den Entwurf von Maßnahmen zum Umgang mit ausfallenden Komponenten und Systemen bzw. den robusten Entwurf ausfallarmer bzw. -sicherer Systeme (Notlaufkonzepte) konzeptionell kennen. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die erlernten Methoden an Beispielen der industriellen Praxis wiederzuerkennen sowie in neuen Kontexten einzubringen.

**Description / Content English**

- Mathematical Foundations of Statistics
- System reliability
- Fail-safe operation
- Applications

Exercises are executed to illustrate the contents of the course.

**Learning objectives / skills English**

Students learn the fundamentals of reliability engineering, including the necessary statistical foundations. Based on these methods, the students learn conceptually how to design methods for dealing with failing components and systems or how to design robust low-loss or safe systems (Fail-safe operation). The students will be able to recognize the learned methods using examples of industrial practice and to integrate them in new contexts.

**Literatur**

- Bertsche, B.; Lechner, G.: Zuverlässigkeit im Fahrzeug- und Maschinenbau, Springer, 2004
- Echtle, K.: Fehlertoleranzverfahren [http://dc.informatik.uni-essen.de/Echtle/all/buch\\_ftv/](http://dc.informatik.uni-essen.de/Echtle/all/buch_ftv/)
- Koch, M.; Schmidt M.: Deterministische und stochastische Signale. Bonn : Ferd. Dümmler, 1994

- Meyna, A.; Pauli, B.: Taschenbuch der Zuverlässigkeitstechnik und Sicherheitstechnik, Hanser, 2002
- Montenegro, S.: Sichere und fehlertolerante Steuerungen, Fachbuchverlag, 1999
- Rakowsky, U.K.: System-Zuverlässigkeit, LiLoLe, Hagen, 2002

Weitere aktuelle Literatur vornehmlich aus Zeitschriftaufgaben werden in den Veranstaltungsunterlagen benannt und aktualisiert.

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

Theory of Statistical Signals

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
5	WS	Deutsch	1
<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****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.