

# Modulhandbuch

---

## Master

# Technische Kybernetik und Systemtheorie

---

**Studienordnungsversion: 2021**

**gültig für das Wintersemester 2023/24**

Erstellt am: 19. Dezember 2023

aus der POS Datenbank der TU Ilmenau

Herausgeber: Der Präsident der Technischen Universität Ilmenau

URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-mhb-31905

# Inhaltsverzeichnis

Name des Moduls/Fachs	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.F	Ab- schluss	LP
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
<b>Pflichtbereich</b>											FP	10
Dynamische Prozessoptimierung	2	1	1								PL	5
Nichtlineare Regelungssysteme 1	2	1	1								PL	5
<b>Wahlbereich Mathematische Systemtheorie</b>											FP	5
Modellprädiktive Regelung	2	1	0								PL 30min	5
Modellreduktion	2	1	0								PL 30min	5
Adaptive Regelung		2	1	0							PL 30min	5
Optimale Steuerung elliptischer partieller Differentialgleichungen	2	1	0								PL 30min	5
Optimale Steuerung parabolischer partieller Differentialgleichungen		2	1	0							PL 30min	5
Port-Hamiltonsche Systeme	2	1	0								PL 30min	5
Zeitreihenanalyse		2	1	0							PL 30min	5
<b>Wahlbereich Vertiefung</b>											FP	20
Discrete Event Systems	2	2	0								PL	5
Modellprädiktive Regelung	2	1	0								PL 30min	5
Multivariate Statistik	4	2	0								PL 30min	10
Adaptive Regelung		2	1	0							PL 30min	5
Adaptive und strukturvariable Regelungssysteme		2	1	1							PL	5
Diagnose- und Vorhersagesysteme		2	1	0							PL 30min	5
Fuzzy-Control		2	1	1							PL	5
Hierarchische Steuerungssysteme		2	1	1							PL	5
Nichtlineare Regelungssysteme 2		2	1	1							PL	5
Optimale Steuerung elliptischer partieller Differentialgleichungen	2	1	0								PL 30min	5
Optimale Steuerung parabolischer partieller Differentialgleichungen		2	1	0							PL 30min	5
Port-Hamiltonsche Systeme	2	1	0								PL 30min	5
Spezielle Themen der Systemtheorie		2	1	0							PL 30min	5
Zeitreihenanalyse		2	1	0							PL 30min	5
<b>Wahlbereich Erweiterung</b>											FP	15
											FP	0
<b>Elektrodynamik</b>											FP	15
Numerische Feldberechnung	2	2	0								PL	5
Theoretische Elektrotechnik 1	2	2	0								PL	5
Technische Elektrodynamik		2	2	0							PL 30min	5
Theoretische Elektrotechnik 2		2	2	0							PL	5
<b>Mobile Robotik</b>											FP	15
Kognitive Robotik	2	1	1								PL	5
Lernen in kognitiven Systemen	2	1	1								PL	5
Mensch-Maschine-Interaktion		2	1	1							PL	5
Robotvision		2	1	1							PL	5
<b>Verteilparametrische und stochastische Systeme</b>											FP	15
Partielle Differentialgleichungen und Halbgruppen	4	2	0								PL 30min	10
Stochastische Analysis	2	1	0								PL 30min	5
Funktionalanalysis		4	2	0							PL 30min	10
Large Networks & Random Graphs		2	1	0							PL 30min	5
Mathematische Systemtheorie differentiell-algebraischer Gleichungen	2	1	0								PL 30min	5

Numerik partieller Differentialgleichungen	2 1 0					PL 30min	5
Spektraltheorie für gewöhnliche Differentialgleichungen	2 1 0					PL 30min	5
Stochastische Prozesse	4 2 0					PL 30min	10
Zeitreihenanalyse	2 1 0					PL 30min	5
<b>Optimization-based Control</b>						FP	15
Modellprädiktive Regelung	2 1 0					PL 30min	5
Multivariate Statistik	4 2 0					PL 30min	10
Numerik optimaler Steuerungen	2 1 0					PL 30min	5
Spieltheorie	2 1 0					PL 30min	5
Globale Optimierung	4 2 0					PL 30min	10
Kombinatorische Optimierung	4 2 0					PL 30min	10
Variationsrechnung und optimale Steuerung	4 2 0					PL 30min	10
Vektoroptimierung	4 2 0					PL 30min	10
<b>Thermo- und Fluidodynamik</b>						FP	15
Angewandte Wärmeübertragung	2 2 0					PL	5
Strömungsmechanik 1	2 2 0					PL 90min	5
Angewandte Thermo- und Fluidodynamik	2 2 0					PL 90min	5
Numerische Strömungsmechanik	2 2 0					PL 90min	5
Strömungsmechanik 2	2 2 0					PL 90min	5
Wärmestrahlung	2 2 0					PL 90min	5
<b>Leistungselektronik</b>						FP	15
Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 1	2 2 1					PL 60min	5
Leistungselektronik 1 - Grundlagen		2 2 1				PL	5
Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 2		2 2 1				PL	5
<b>Wahlbereich Ergänzung</b>						FP	5
Angewandte Wärmeübertragung	2 2 0					PL	5
Data-Driven Optimization for Machine Learning Applications	2 2 0					PL	5
Discrete Event Systems	2 2 0					PL	5
Kognitive Robotik	2 1 1					PL	5
Lernen in kognitiven Systemen	2 1 1					PL	5
Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 1		2 2 1				PL 60min	5
Modellprädiktive Regelung	2 1 0					PL 30min	5
Multivariate Statistik	4 2 0					PL 30min	10
Numerik optimaler Steuerungen	2 1 0					PL 30min	5
Numerische Feldberechnung	2 2 0					PL	5
Partielle Differentialgleichungen und Halbgruppen	4 2 0					PL 30min	10
Spieltheorie	2 1 0					PL 30min	5
Stochastische Analysis	2 1 0					PL 30min	5
Strömungsmechanik 1	2 2 0					PL 90min	5
Theoretische Elektrotechnik 1	2 2 0					PL	5
Adaptive Regelung	2 1 0					PL 30min	5
Adaptive und strukturvariable Regelungssysteme	2 1 1					PL	5
Angewandte Thermo- und Fluidodynamik	2 2 0					PL 90min	5
Diagnose- und Vorhersagesysteme	2 1 0					PL 30min	5
Funktionalanalysis	4 2 0					PL 30min	10
Fuzzy-Control	2 1 1					PL	5
Globale Optimierung	4 2 0					PL 30min	10
Hierarchische Steuerungssysteme	2 1 1					PL	5
Kombinatorische Optimierung	4 2 0					PL 30min	10
Large Networks & Random Graphs	2 1 0					PL 30min	5

Leistungselektronik 1 - Grundlagen		2 2 1				PL	5
Mathematische Systemtheorie unendlich dimensionaler Systeme	2 1 0					PL 30min	5
Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 2		2 2 1				PL	5
Nichtlineare Regelungssysteme 2	2 1 1					PL	5
Numerik partieller Differentialgleichungen	2 1 0					PL 30min	5
Numerische Strömungsmechanik	2 2 0					PL 90min	5
Optimale Steuerung elliptischer partieller Differentialgleichungen	2 1 0					PL 30min	5
Optimale Steuerung parabolischer partieller Differentialgleichungen	2 1 0					PL 30min	5
Port-Hamiltonsche Systeme	2 1 0					PL 30min	5
Spektraltheorie für gewöhnliche Differentialgleichungen	2 1 0					PL 30min	5
Spezielle Themen der Systemtheorie	2 1 0					PL 30min	5
Stochastische Prozesse	4 2 0					PL 30min	10
Strömungsmechanik 2	2 2 0					PL 90min	5
Technische Elektrodynamik	2 2 0					PL 30min	5
Theoretische Elektrotechnik 2	2 2 0					PL	5
Variationsrechnung und optimale Steuerung	4 2 0					PL 30min	10
Vektoroptimierung	4 2 0					PL 30min	10
Wärmestrahlung	2 2 0					PL 90min	5
Zeitreihenanalyse	2 1 0					PL 30min	5
<b>Schlüsselqualifikation</b>						FP	5
Hauptseminar TKS MSc		90 h				SL	3
<b>Abschlussarbeit</b>						FP	30
Masterarbeit mit Kolloquium		900 h				PL	30



A. C. Chiang. Elements of Dynamic Optimization. McGraw-Hill. 1992  
D. P. Bertsekas. Dynamic Programming and Stochastic Control. Academic Press. 1976  
M. Athans, P. Falb. Optimal Control. McGraw-Hill. 1966  
A. E. Bryson, Y.-C. Ho. Applied Optimal Control. Taylor & Francis. 1975  
O. Föllinger. Optimale Regelung und Steuerung. Oldenbourg. 1994  
R. F. Stengel. Optimal Control and Estimation. Dover Publications. 1994  
J. Macki. Introduction to Optimal Control Theory. Springer. 1998  
D. G. Hull. Optimal Control Theory for Applications. Springer. 2003  
M. Papageorgiou, M. Leibold, M. Buss. Optimierung. 4. Auflage. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-46936-1>  
(Campus-Lizenz TU Ilmenau)

#### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Dynamische Prozessoptimierung mit der Prüfungsnummer 220426 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200635)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200636)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat für Praktikum. Praktikum umfasst zwei Versuche.

[Link zum Moodle-Kurs](#)

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Fahrzeugtechnik 2022  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mechatronik 2017  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung AT

## Modul: Nichtlineare Regelungssysteme 1

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200022

Prüfungsnummer: 220436

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0																		
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2213																		
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS											
Fach-	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
semester	2	1	1																		

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden sind in der Lage, die Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen nichtlinearer dynamischer Systemmodelle zu untersuchen.
- Die Studierenden können typische nichtlineare Phänomene wie z.B. Grenzzyklen oder endliche Entweichzeit einordnen und analysieren.
- Die Studierenden können Eigenschaften von nichtlinearen Systemen zweiter Ordnung in der Phasenebene analysieren und beurteilen.
- Die Studierenden können die Stabilität von Ruhelagen nichtlinearer Systeme überprüfen und beurteilen.
- Für die Klasse der Euler-Lagrange-Systeme können die Studierenden Betriebspunkt- und Folgeregelungen entwerfen.
- Die Studierenden können adaptive Regelungen mit Hilfe der Lyapunov-Theorie entwerfen.
- Die Studierenden können Regelungen zur Verbesserung des Einzugsbereichs entwerfen.
- Die Studierenden können Übungsaufgaben in Kleingruppen in Vorbereitung der Lehrveranstaltung gemeinsam lösen.
  - Die Studierenden können einfache Regelungsprobleme lösen und diese im Team am Versuchsstand implementieren.
  - Die gemeinsamen Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung können im Team diskutiert, beurteilt und interpretiert werden.

### Vorkenntnisse

Regelungstechnische Grundlagen linearer Systeme im Zustandsraum (z.B. RST 2)

### Inhalt

- Mathematische Grundlagen
- Nichtlineare dynamische Systeme als Anfangswertproblem
- Existenz und Eindeutigkeitsfragen
- Stabilitätsuntersuchung in der Phasenebene
- Stabilitätsbegriff und Stabilitätsanalyse nach Lyapunov
- Reglerentwurf mit Hilfe der Lyapunov-Theorie

Folie, Tafel

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/enrol/index.php?id=2580>

#### Literatur

- Khalil, H., Nonlinear Systems, Prentice Hall, 1996
- Slotine, J.-J., Li, W., Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991
- Sontag, E., Mathematical Control Theory, Springer, 1998
- Spong, M., Hutchinson, S., Vidyasagar, M., Robot Modeling and Control, Wiley, 2005
- Vidyasagar, M., Nonlinear Systems Analysis, SIAM, 2002

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Nichtlineare Regelungssysteme 1 mit der Prüfungsnummer 220436 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 120 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200661)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200662)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat auf 2 bestandene Praktikaversuche

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=2580>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung AT



## Modul: Modellprädiktive Regelung

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

Modulnummer: 200416 Prüfungsnummer: 2400768

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2413

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der modellprädiktiven Regelung. Sie besitzen die Fähigkeit, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden. Sie können konkrete Anwendungsbeispiele analysieren. Sie wissen, wie modellprädiktive Verfahren rechentechnisch realisiert werden können.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse Analysis und lineare Algebra

### Inhalt

Optimierungsbasierte Verfahren der mathematischen Systemtheorie, insbesondere Verfahren der modellprädiktiven Regelung, mit dem Ziel eine Zustandsrückführung für zeitdiskrete (oder zeitkontinuierliche) Systeme mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen unter Berücksichtigung von Steuer- und Zustandsbeschränkungen zu entwerfen: dynamische Programmierung, (relaxierte) Lyapunov-Ungleichung, asymptotische Stabilität und rekursive Zulässigkeit, Zeitdiskrete und zeitkontinuierliche Systemdynamik.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Lars Grüne und Jürgen Pannek: Model Predictive Control - Theory and Algorithms, Springer: Communications and Control Engineering, 2. Auflage, 2017.  
 Basil Kouvaritakis and M. Cannon: Model Predictive Control - Classical, Robust and Stochastic, Springer: Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, 1. Auflage, 2016.  
 James B. Rawlings, David Q. Mayne und Moritz M. Diehl: Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design, Nob Hill Publishing, 2. Auflage, 2017.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Modellreduktion

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

Modulnummer: 201092      Prüfungsnummer: 2400868

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Techniken der Modellreduktion. Sie besitzen die Fähigkeit, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden. Sie können konkrete Anwendungsbeispiele analysieren. Sie wissen, wie Modellreduktionsverfahren rechentechisch realisiert werden können.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

Modellreduktionsverfahren der mathematischen Systemtheorie, insbesondere balanciertes Abschneiden, Frequenzbereichs-Interpolationsverfahren, Krylovraum-Verfahren und Haupttraummethode  
 Numerische Verfahren zur Lösung hochdimensionaler Lyapunov- und Riccati Gleichungen, insbesondere Smith-, ADI- und Newton-Kleinman-Verfahren

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

Tafel, Beamer

### Literatur

- . Antoulas, Athanasios C. (2005). Approximation of Large-Scale Dynamical Systems. SIAM.
- . Benner, Peter; Fassbender, Heike (2014), "Model Order Reduction: Techniques and Tools" (PDF), Encyclopedia of Systems and Control
- . Antoulas, A. C.; Sorensen, D. C.; Gugercin, S. (2001), "A survey of model reduction methods for large-scale systems" (PDF), Structured matrices in mathematics, computer science, and engineering, I (Boulder, CO, 1999), Contemporary Mathematics, vol. 280, Providence, RI: American Mathematical Society, pp. 193-219,
- . Benner, Peter; Cohen, Albert; Ohlberger, Mario; Willcox, Karen (2017). Model Reduction and Approximation: Theory and Algorithms. SIAM Publications

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Adaptive Regelung

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

Modulnummer: 200430 Prüfungsnummer: 2400782

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen und kennen die grundlegenden Ideen verschiedener adaptiver Regler. Die Studierenden haben durch die Vorlesung die Kompetenz typische Beweise zu analysieren und können durch die Übungen die Beweisideen zum Beweis ähnlicher Aussagen anwenden. Die Studierenden können die in der Vorlesung vorgestellten Regler hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen analysieren.

### Vorkenntnisse

Gewöhnliche Differentialgleichungen, mathematische Systemtheorie

### Inhalt

Existenz, Eindeutigkeit und Lösbarkeit nichtlinearer gewöhnlicher Differentialgleichungen. Verschiedene adaptive Regler (konventionell,  $\lambda$ - und Funnell) für skalare Systeme. Charakterisierungen von strukturellen Systemeigenschaften multivariabler Systeme: Relativgrad, Nulldynamik. Verschiedene adaptive Regler (konventionell,  $\lambda$ - und Funnell) für multivariable Systeme. Folgeregelung. Regler für Systemklassen mit höherem Relativgrad. Adaptive Identifikation von Systemen.

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

Tafel

### Literatur

keine Angabe möglich

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Optimale Steuerung elliptischer partieller Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 201157      Prüfungsnummer: 2400881

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der optimalen Steuerung linearer elliptischer Differentialgleichungen mit quadratischem Zielfunktional, können diese beschreiben und erläutern. Sie sind nach den Übungen fähig, die allgemeinen Ergebnisse auf Spezialfälle und konkrete Anwendungsbeispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Analysis, lineare Algebra, Grundkenntnisse in der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen und der (nichtlinearen) Optimierung.

### Inhalt

Linear-quadratische elliptische Probleme: Existenz optimaler Steuerungen, notwendige Optimalitätsbedingungen; benötigte funktionalanalytische Grundlagen (in Kurzform): u.a. Sobolewräume, schwache Lösung, schwache Konvergenz, adjungierte Operatoren.

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

Tafel, Beamer

### Literatur

Fredi Tröltzsch: Optimale Steuerung partieller Differentialgleichungen - Theorie, Verfahren und Anwendungen, Springer Vieweg: Studium  
 Michael Hinze, Rene Pinnau, Michael Ulbrich, Stefan Ulbrich: Optimization with PDE constraints, Springer Dordrecht

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Optimale Steuerung parabolischer partieller Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 201158 Prüfungsnummer: 2400882

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der optimalen Steuerung parabolischer Differentialgleichungen mit quadratischem Zielfunktional, können diese beschreiben und erläutern. Sie sind nach den Übungen fähig, die allgemeinen Ergebnisse auf Spezialfälle und konkrete Anwendungsbeispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Analysis, lineare Algebra, Grundkenntnisse in der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen und der (nichtlinearen) Optimierung.

### Inhalt

Linear-quadratische elliptische Probleme: Existenz optimaler Steuerungen, hinreichende Optimalitätsbedingungen für parabolische Probleme; ggf. Behandlung von Problemen mit zustandsbeschränkten oder nichtlinearen Gleichungen. Benötigte funktionalanalytische Grundlagen (in Kurzform): u.a. Gelfand-Tripel, Bochner-Integral, adjungierte Operatoren. Anwendung an Diffusionsprobleme wie Wärmeleitung und Optionspreise im Kontext der Finanzmathematik

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

Tafel, Beamer

### Literatur

Fredi Tröltzsch: Optimale Steuerung partieller Differentialgleichungen - Theorie, Verfahren und Anwendungen, Springer Vieweg: Studium

Michael Hinze, Rene Pinnau, Michael Ulbrich, Stefan Ulbrich: Optimization with PDE constraints, Springer Dordrecht

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Port-Hamiltonsche Systeme

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Modulnummer: 201156

Prüfungsnummer: 2400880

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0																		
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2416																		
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS											
Fach-	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
semester	2	1	0																		

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die Grundlagen der port-Hamiltonschen Systeme. Sie besitzen die Fähigkeit, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden. Sie können konkrete Anwendungsbeispiele analysieren. Sie wissen, wie physikalische Systeme mittels port-Hamiltonschen Systemen modelliert werden.

### Vorkenntnisse

Grundvorlesungen in Analysis und Lineare Algebra

### Inhalt

Modellierung mit port-Hamiltonschen Systemen  
 Port-Hamiltonsche System auf Mannigfaltigkeiten  
 Dirac-Strukturen  
 Gekoppelte port-Hamiltonsche Systeme  
 port-Hamiltonsche Systeme Eingangs-Zustands-Ausgangs-Systeme  
 Steuerung und Regelung port-Hamiltonscher Systeme

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

Tafel, Beamer

### Literatur

van der Schaft, Arjan; Jeltsema, Dimitri: "Port-Hamiltonian Systems Theory: An Introductory Overview".  
 J.C. Willems, "Dissipative dynamical systems. Part I: General theory", Arch. Rat. Mech. and Analysis, 45(5): 321-351, 1972.  
 J.C. Willems, "Dissipative dynamical systems. Part II: Linear systems with quadratic supply rates", Arch. Rat. Mech. and Analysis, 45(5): 352-393, 1972.  
 J.C. Willems, "The behavioral approach to open and interconnected systems", Control Systems Magazine, 27, Dec. 2007, pp. 46-99.  
 J.C. Willems, "Terminals and ports", IEEE Circuits and Systems Magazine, 10(4):8-16, December 2010.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Zeitreihenanalyse

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

Modulnummer: 200452      Prüfungsnummer: 2400804

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und den sie begleitenden Übungen in der Lage, Zeitreihendaten im Rahmen der behandelten Modellklassen zu modellieren, zu analysieren und vorherzusagen.

### Vorkenntnisse

Maßtheorie & Stochastik oder Stochastik, besser Stochastische Prozesse

### Inhalt

Stationäre Prozesse und ihre Vorhersage, Schätzung von Erwartungswert und Kovarianz, ARMA-Prozesse, Spektralanalyse, Zustandsraummodelle und Kalman-Filter, Finanzzeitreihen

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Brockwell, P. J. and Davis, R. A. (2006). Time Series: Theory and Methods, 2nd edn, Springer-Verlag, New York.  
 Hannan, E. J. (1983). Time Series Analysis, Chapman and Hall International, London.  
 Durbin, J. and Koopman, S. J. (2001). Time Series Analysis by State Space Methods, Oxford University Press, Oxford.  
 Franke, J., Härdle, W. and Hafner, C. M. (2004). Statistics of Financial Markets, Springer-Verlag, Berlin.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Informatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Discrete Event Systems

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

Modulnummer: 200089      Prüfungsnummer: 2200751

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Yuri Shardt

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2211

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	2	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

By the end of this course, students should be able to describe and analyze important properties of discrete-event systems in the form of automata; to design simple supervisors for typical closed-loop system specifications; and to reduce the complexity of the design task, using modular and decentralized as well as hierarchical design methods. Furthermore, the students should have learnt how to develop and implement solutions that require the analysis and control of automata for real-world problems. They should have learnt to constructively take criticism and implement comments and suggestions from their instructors and fellow students.

### Vorkenntnisse

Foundational knowledge in mathematics and control theory

### Inhalt

- The course will cover:
- Features of event-driven processes
  - Formal languages and automata
  - Automaton features
  - The concept of supervisory control
  - Controllability and blocking of automata
  - Minimally restrictive supervisor design · Modular and decentralized approaches
  - Hierarchical design procedures

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

Presentations, Course notes, and Whiteboard lectures, online according to the regulations of TU Ilmenau, Moodle

### Literatur

- C. Cassandras, S. Lafortune, Introduction to Discrete Event Systems, Springer, 2008.
- F. Puentes Leon, U. Kiencke, Ereignisdiskrete Systeme: Modellierung und Steuerung verteilter Systeme, Oldenbourg, 2013.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021



Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Research in Computer and Systems Engineering 2021  
Master Research in Computer & Systems Engineering 2016  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Modellprädiktive Regelung

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

Modulnummer: 200416 Prüfungsnummer: 2400768

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2413

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der modellprädiktiven Regelung. Sie besitzen die Fähigkeit, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden. Sie können konkrete Anwendungsbeispiele analysieren. Sie wissen, wie modellprädiktive Verfahren rechen-technisch realisiert werden können.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse Analysis und lineare Algebra

### Inhalt

Optimierungsbasierte Verfahren der mathematischen Systemtheorie, insbesondere Verfahren der modellprädiktiven Regelung, mit dem Ziel eine Zustandsrückführung für zeitdiskrete (oder zeitkontinuierliche) Systeme mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen unter Berücksichtigung von Steuer- und Zustandsbeschränkungen zu entwerfen: dynamische Programmierung, (relaxierte) Lyapunov-Ungleichung, asymptotische Stabilität und rekursive Zulässigkeit, Zeitdiskrete und zeitkontinuierliche Systemdynamik.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Lars Grüne und Jürgen Pannek: Model Predictive Control - Theory and Algorithms, Springer: Communications and Control Engineering, 2. Auflage, 2017.  
 Basil Kouvaritakis and M. Cannon: Model Predictive Control - Classical, Robust and Stochastic, Springer: Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, 1. Auflage, 2016.  
 James B. Rawlings, David Q. Mayne und Moritz M. Diehl: Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design, Nob Hill Publishing, 2. Auflage, 2017.

### Detaillangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Multivariate Statistik

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

Modulnummer: 200453      Prüfungsnummer: 2400805

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 10      Workload (h): 300      Anteil Selbststudium (h): 232      SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS				
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S
4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, erhobene Daten im Rahmen eines geeigneten statistischen Modells zu analysieren und sind ebenso in der Lage z. B. das Modell der linearen Regression, und die Qualität dieser Modellierung kritisch zu prüfen.

### Vorkenntnisse

Maßtheorie & Stochastik oder Stochastik

### Inhalt

Kovarianzanalyse, lineare und nichtlineare Regression, gemischte Effekte, verallgemeinerte lineare Modelle, Klassifikation, funktionale Datenanalyse

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Mardia, K. V., Kent, J. T. and Bibby, J. M. (1982). Multivariate analysis, Academic Press, London.  
 Rao, C. R., Toutenburg, H., Shalabh and Heumann, C. (2008). Linear Models and Generalizations - Least Squares and Alternatives, 3rd edn, Springer, Berlin.  
 Sengupta, D. and Jammalamadaka, S. R. (2003). Linear Models - An Integrated Approach, number 6 in Series on Multivariate Analysis, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.  
 Weisberg, S. (1980). Applied Linear Regression, John Wiley & Sons, New York.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Informatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Adaptive Regelung

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

Modulnummer: 200430 Prüfungsnummer: 2400782

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen und kennen die grundlegenden Ideen verschiedener adaptiver Regler. Die Studierenden haben durch die Vorlesung die Kompetenz typische Beweise zu analysieren und können durch die Übungen die Beweisideen zum Beweis ähnlicher Aussagen anwenden. Die Studierenden können die in der Vorlesung vorgestellten Regler hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen analysieren.

### Vorkenntnisse

Gewöhnliche Differentialgleichungen, mathematische Systemtheorie

### Inhalt

Existenz, Eindeutigkeit und Lösbarkeit nichtlinearer gewöhnlicher Differentialgleichungen. Verschiedene adaptive Regler (konventionell,  $\lambda$ - und Funnell) für skalare Systeme. Charakterisierungen von strukturellen Systemeigenschaften multivariabler Systeme: Relativgrad, Nulldynamik. Verschiedene adaptive Regler (konventionell,  $\lambda$ - und Funnell) für multivariable Systeme. Folgeregelung. Regler für Systemklassen mit höherem Relativgrad. Adaptive Identifikation von Systemen.

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

Tafel

### Literatur

keine Angabe möglich

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Adaptive und strukturvariable Regelungssysteme

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200024

Prüfungsnummer: 220438

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0																			
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2213																			
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS												
Fach-	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	
semester																						
		2	1	1																		

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls:

- Kennen die Studierenden unterschiedliche Systemklassen, die für nichtlineare und schaltende Systeme betrachtet werden
- Kennen die Studierenden verschiedene Stabilitätskonzepte für solche Systemklassen
- Kennen die Studierenden Stabilitätskriterien für die unterschiedlichen Systemklassen und können diese anwenden.
- Kennen die Studierenden unterschiedliche Verfahren zum Entwurf adaptiver und strukturvariabler Regelungen und sind in der Lage diese anzuwenden.
- Sind die Studierenden in der Lage typische Softwarewerkzeuge zur Analyse und zum Entwurf von adaptiven Regelkreisen zu verwenden (Praktikum).
  - Die Studierenden können Übungsaufgaben in Kleingruppen in Vorbereitung der Lehrveranstaltung gemeinsam lösen.
  - Die Studierenden können einfache Regelungsprobleme lösen und diese im Team am Versuchsstand implementieren.
- Die gemeinsamen Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung können im Team diskutiert, beurteilt und interpretiert werden.

Können die Studierenden adaptive und strukturvariable Regler auf gängigen Plattformen implementieren (Praktikum).

### Vorkenntnisse

Regelungstechnische Grundlagen linearer Systeme im Zustandsraum (z.B. RST 2); Grundkenntnisse nichtlinearer Systemen vorteilhaft

### Inhalt

- Lineare Systeme in Rückkopplung mit speicherfreier Nichtlinearität (Modellierung, Analyse, nichtlinearer Standardregelkreis, Lur'e System, absolute Stabilität)
  - Stabilitätskriterien im Frequenzbereich (KYP-Lemma, Passivität, Popov-Kriterium, Kreiskriterium, Harmonische Balance)
  - Stabilität schaltender Systeme
  - Strukturvariable Regelungsverfahren (Sliding-Mode Control, Gain-Scheduling)

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

Folie, Tafel

### Literatur

#### 1. Geschaltete Systeme

- Daniel Liberzon. Switching in Systems and Control. Birkhäuser, Boston, 2003.
- Mikael Johansson. Piecewise Linear Control Systems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2003.
- R. Shorten, F. Wirth, O. Mason, K. Wulff, and C. King. Stability Criteria for Switched and Hybrid Systems.

SIAM Review, 49(4):545-592, 2007 (URL) (Wissenschaftlicher Aufsatz, kein Lehrbuch. also nur für Leute, die es genau wissen wollen!)

## 2. Stabilität linearer Systeme (Stabilitätstheorie)

- W. J. Rugh. Linear System Theory. 2. Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1996.

## 3. Nichtlineare Systeme (Stabilitätstheorie und klassische Methoden im Frequenzbereich)

- Ch. Desoer, M. Vidyasagar. Feedback Systems: Input-Output Properties, Academic Press, London, 1975.
- M. Vidyasagar. Nonlinear Systems Analysis. 2. Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
- H. K. Khalil. Nonlinear Systems. 3. Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
- O. Föllinger. Nichtlineare Regelungssysteme 1. 7. Edition. Oldenbourg, München, 1993.
- O. Föllinger. Nichtlineare Regelungssysteme 2. 7. Edition. Oldenbourg, München, 1993.

## 4. Adaptive Systeme

- P. A. Ioannou, J. Sun. Robust Adaptive Control, Prentice Hall, 1996. (re-print by Dover Publications)

## 5. Sliding-Mode Control

• Y. Shtessel, C. Edwards, L. Fridman, A. Levant. Sliding Mode Control and Observation. Birkhäuser, Basel, 2013. (intro)

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Adaptive und strukturvariable Regelungssysteme mit der Prüfungsnummer 220438 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200665)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200666)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat auf 2 bestandene Versuche

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=770>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung AT

## Modul: Diagnose- und Vorhersagesysteme

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

Modulnummer: 200092      Prüfungsnummer: 2200756

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Rauschenbach

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2211

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden erkennen Zusammenhänge zu den Lehrveranstaltungen, die sich mit den Grundlagen der Modellbildung beschäftigen. Nach der Vorlesung können sie die Verfahren für die Diagnose hinsichtlich der Nutzung von statistischen Daten, linguistischen Informationen sowie von Modellen klassifizieren. Bezüglich der Eignung für die Vorhersage können die Studierenden deterministische und stochastische Modellansätze vergleichen. Nach den Übungen sind die Studierenden zur Arbeit am Computer unter Verwendung moderner Simulationssysteme, wie z.B. MATLAB/Simulink fähig. Die Studierenden sind infolge dieser Übungen in der Lage, technische Systeme hinsichtlich der Diagnosemöglichkeiten zu bewerten und eigenständig Lösungen für Diagnoseaufgaben zu erarbeiten. Sie sind weiterhin in der Lage Systeme und Zeitreihen hinsichtlich ihrer Vorhersagbarkeit zu analysieren. Sie können evaluieren, welche systemtechnischen Methoden für Vorhersagen mit unterschiedlichen Zeithorizonten geeignet sind. Durch die Kombination von Methoden der Diagnose und Vorhersage können die Studierenden Lösungsansätze für Aufgaben auf dem Gebiet der prädiktiven Diagnose generieren. Die Studierenden können in den Übungen in Gruppen arbeiten, sind fähig, die Lösungsansätze zu diskutieren und gemeinsam umzusetzen. Bei der Vorstellung der Ergebnisse haben die Gruppen gelernt, sich gegenseitige wertschätzende Rückmeldungen zu geben.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

#### Diagnose

- Auswertung von Signalen und Zuständen
- Verwendung von Systemmodellen
- Berechnung von Kennwerten
- Klassifikationsverfahren
- Modellreferenzverfahren
- Wissensbasierte Verfahren

#### Vorhersage

- Vorhersagbarkeit
- Prognoseprozess
- Primärdatenaufbereitung
- Vorhersage mit deterministischen Signalmodellen
- Vorhersage mit stochastischen Signalmodellen
- Musterbasierte Vorhersage
- Konnektionistische Verfahren zur Vorhersage

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

Skript, Video, Vorführungen, Rechnerübungen

### Literatur

Brockwell, P. J. Davis, R. A.: Introduction to Time Series and Forecasting. New York : Springer-Verlag, 1996  
 Isermann, Rolf: Überwachung und Fehlerdiagnose. VDI Verlag, 1994  
 Janacek, Gareth ; Swift, Louise: Time series: Forecasting, Simulation, Applications. New York, London, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore :Ellis Horwood, 1993

Romberg, T. [u. a.]: Signal processing for industrial diagnostics. Wiley, 1996  
Schlittgen, Rainer: Angewandte Zeitreihenanalyse. Munchen, Wien: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2001  
Schlittgen, Rainer; Streitberg, Bernd H.J.: Zeitreihenanalyse. 9. Auflage. Munchen, Wien, Oldenbourg  
Wissenschaftsverlag, 2001  
Wernstedt, Jurgen: Experimentelle Prozessanalyse. 1. Auflage. Berlin : Verlag Technik, 1989

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



## Modul: Fuzzy-Control

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200093

Prüfungsnummer: 220461

Modulverantwortlich: Dr. Aouss Gabash

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2211							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 1 1								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

**Fachkompetenz:** Die Studierenden verfügen über Kenntnisse und Überblickswissen zu fuzzy-basierten Systemen. Sie sind in der Lage, spezielle Fuzzy-Systeme für regelungstechnische Anwendungen (Fuzzy-Controller) zu entwerfen.

**Methodenkompetenz:** Die Studierenden sind in der Lage, problemangepasste Fuzzy-Komponenten (Zugehörigkeitsfunktionen, Operatoren etc.) auszuwählen und zu parametrisieren. Sie können unterschiedliche Arten von Fuzzy-Controllern entwerfen und durch Parametereinstellungen regelungstechnische Vorgaben realisieren (Überschwingen, Einschwingzeit, etc.). Sie kennen verschiedene Methoden der nichtlinearen Optimierung wie Evolutionsstrategie und heuristische Suche und können damit Fuzzy-Controller an Prozesse anpassen.

**Systemkompetenz:** Die Studierenden verstehen die grundsätzliche Herangehensweise beim Entwurf von wissensbasierten Systemen in regelungstechnischen Anwendungen wie z.B. Fuzzy Controller sowie die Auswirkungen einzelner Systemkomponenten auf die Arbeitsweise der Regler.

**Sozialkompetenz:** Die Studierenden können Lösungen zum Entwurf von Fuzzy-Controllern durch Bearbeiten von Übungsaufgaben sowohl im Dialog mit dem Lehrenden als auch eigenständig erarbeiten und haben damit ihr theoretisch erworbenes Wissen vertieft. Sie nehmen Kritik an und wissen Anmerkungen zu beherzigen.

Im Praktikum werden gezielt folgende Kompetenzen erworben:

Die Studierenden sind in der Lage, Fuzzy-Controller zu entwerfen und am Prozess einzusetzen. Sie beherrschen den Umgang mit Werkzeugen zum Entwurf von Fuzzy-Systemen.

### Vorkenntnisse

Vorlesung Technische Informatik, Vorlesung Regelungs- und Systemtechnik 1, Vorlesung Systemidentifikation

### Inhalt

- Grundlagen der Fuzzy-Theorie
- Module eines Fuzzy-Systems
- Kennlinien und Kennflächen von Fuzzy-Systemen
- optimaler Entwurf von Fuzzy-Steuerungen und Regelungen
- adaptive Fuzzy-Konzepte
- Beispiele aus Technik
- verwendetes Tool: Fuzzy Logic Toolbox für MATLAB.

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

Tafelanschrieb, Overhead-Präsentation, Powerpoint-Präsentationen, Vorlesungsskript, online-Vorlesungen (Videos)

### Literatur

Fuzzy Logik, Neuronale Netze und Evolutionäre Algorithmen Shaker Verlag, Aachen 2005.

Kiendl H.: Fuzzy Control methodenorientiert, Oldenbourg, München 1997.

Schöneburg E., Heinzmann F., Feddersen S.: Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien, Addison-Wesley, 1994.

Rechenberg I.: Evolutionsstrategie '94, frommann-holzboog, 1994

### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Fuzzy-Control mit der Prüfungsnummer 220461 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200757)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200758)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat für Praktikum

Für die Praktikumsdurchführung werden die Kenntnisse aus Vorlesung und Übung benötigt.

[Link zum Moodle-Kurs](#)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Mechatronik 2017

Master Mechatronik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Hierarchische Steuerungssysteme

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200009

Prüfungsnummer: 220427

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Pu Li

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2212							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 1 1								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können Steuerungsaufgaben für hochdimensionale Systeme analysieren und entwickeln. Sie klassifizieren Zerlegungs- und Koordinationsprinzipien. Auf der Grundlage der nichtlinearen Optimierung und des Optimalsteuerungsentwurfs sind sie in Lage, Steuerungssysteme zu zerlegen, Optimierungs- und Optimalsteuerungsprobleme zu formulieren und mittels hierarchischer Methoden zu lösen, d. h. die Steuerungen zu entwerfen. Die Studierenden beschreiben die Grundbegriffe der mehrkriteriellen Optimierung, deren Aufgabenstellung und Lösungsmethoden.

Die Studierenden haben im Praktikum Grundfertigkeiten beim Umgang mit hierarchischen Steuerungsstrukturen, Zerlegungs- und Koordinationsprinzipien für stationäre und dynamische Prozesse erworben. Sie sind in der Lage, hierarchische Steuerungsprobleme zu erarbeiten, zu implementieren, unter Verwendung vorhandener Optimierungssoftware numerisch zu lösen und die Ergebnisse zu evaluieren.

### Vorkenntnisse

Regelungs- und Systemtechnik 1 + 2, Statische Prozessoptimierung, Dynamische Prozessoptimierung

### Inhalt

Hierarchische Optimierung statischer und dynamischer Systeme: Zerlegung und Beschreibung hierarchisch strukturierter Systeme; Koordinationsmethoden für statische Mehrebenenstrukturen; Möglichkeiten des Einsatzes statischer Hierarchiemethoden;

Hierarchische Optimierung großer dynamischer Systeme; Wechselwirkungsbalance- Methode und Wechselwirkungsvorhersage- Methode für lineare und nichtlineare Systeme; Trajektorienzerlegung.

Verteilte Optimierung.

Prinzipien der mehrkriteriellen Entscheidungsfindung:

Mehrkriterieller Charakter von Entscheidungsproblemen; Steuermenge, Zielmenge, Kompromissmenge; Ein- und Mehrzieloptimierung; Verfahren zur Bestimmung der Kompromissmenge und von optimal effizienten Lösungen.

Praktikum (2 Versuche: HSS-1: Mehrebenen-Optimierung stationärer Prozesse; HSS-2: Dynamische hierarchische Optimierung)

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

Video on Demand, Moodle-Kurs, Webex-Veranstaltungen, Folien, Skripte

### Literatur

K. Reinisch. Kybernetische Grundlagen und Beschreibung kontinuierlicher Systeme. Verlag Technik. 1977

W: Findeisen. Hierarchische Steuerungssysteme. Verlag Technik. 1974

M. Papageorgiou. Optimierung, Oldenbourg Verlag. München. 2006

M. G. Singh. Dynamical hierarchical control. North Holland Publishing Company. Amsterdam. 1977

M. G. Singh, A. Titli. Systems: Decomposition optimization and control. Pergamon Press. Oxford. 1978

K. Reinisch. Hierarchische und dezentrale Steuerungssysteme. In: E. Philippow (Hrsg.). Taschenbuch Elektrotechnik. Bd. 2. Verlag Technik. 1987

J. Ester: Systemanalyse und mehrkriterielle Entscheidung. Verlag Technik. 1987

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Hierarchische Steuerungssysteme mit der Prüfungsnummer 220427 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200639)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200640)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat für Praktikum; Praktikum umfasst zwei Versuche

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Nichtlineare Regelungssysteme 2

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

Modulnummer: 200023      Prüfungsnummer: 220437

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2213

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare Systemmodelle aus der Mechatronik in eine PCHD-Darstellung zu bringen.
- Die Studierenden wissen das Konzept Passivität für den Zustandsreglerentwurf einzusetzen.
- Die Studierenden beherrschen die wichtigsten Backstepping-Regelungsverfahren, können diese verallgemeinern und für Anwendungen problemorientiert anpassen.
- Die Studierenden können die Bedingungen bei der exakten Linearisierung überprüfen und das Konzept zum Entwurf von Betriebspunktregelungen einsetzen.
- Die Studierenden haben die Fähigkeit, das Konzept Flachheit beim Vorsteuerungsentwurf und bei Folgeregelungen zu nutzen.
- Die Studierenden können lokale Beobachter für nichtlineare flache Systeme entwerfen.
- Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare Entkopplungsregler zu berechnen.
- Die Studierenden können Übungsaufgaben in Kleingruppen in Vorbereitung der Lehrveranstaltung gemeinsam lösen.
  - Die Studierenden können einfache Regelungsprobleme lösen und diese im Team am Versuchsstand implementieren.
  - Die gemeinsamen Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung können im Team diskutiert, beurteilt und interpretiert werden.

### Vorkenntnisse

Regelungstechnische Grundlagen linearer Systeme im Zustandsraum (z.B. RST 2)

### Inhalt

- Dissipativität und Passivität
- Backstepping-Regelungen
- Exakte Eingangs-Zustandslinearisierung (SISO)
- Exakte Eingangs-Ausgangslinearisierung (SISO)
- Regelungsentwurf
- Folgeregelung mit Beobachter

- Exakte Linearisierung (MIMO) und Entkopplung

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

Folie, Tafel

#### Literatur

- Isidori, A., Nonlinear Control Systems, Band 1, Springer, 2001
- Khalil, H., Nonlinear Systems, Prentice Hall, 1996
- Krstic, M., Kanellakopoulos, I., Kokotovic, P., Nonlinear and Adaptive Control Design, Wiley, 1995
- Marino, R., Tomei, P., Nonlinear Control Design: Geometric, Adaptive and Robust, Prentice Hall, 1995
- Slotine, J.-J., Li, W., Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Nichtlineare Regelungssysteme 2 mit der Prüfungsnummer 220437 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200663)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200664)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat auf 2 bestandene Praktikumsversuche

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=772>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung AT

## Modul: Optimale Steuerung elliptischer partieller Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 201157 Prüfungsnummer: 2400881

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der optimalen Steuerung linearer elliptischer Differentialgleichungen mit quadratischem Zielfunktional, können diese beschreiben und erläutern. Sie sind nach den Übungen fähig, die allgemeinen Ergebnisse auf Spezialfälle und konkrete Anwendungsbeispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Analysis, lineare Algebra, Grundkenntnisse in der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen und der (nichtlinearen) Optimierung.

### Inhalt

Linear-quadratische elliptische Probleme: Existenz optimaler Steuerungen, notwendige Optimalitätsbedingungen; benötigte funktionalanalytische Grundlagen (in Kurzform): u.a. Sobolewräume, schwache Lösung, schwache Konvergenz, adjungierte Operatoren.

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

Tafel, Beamer

### Literatur

Fredi Tröltzsch: Optimale Steuerung partieller Differentialgleichungen - Theorie, Verfahren und Anwendungen, Springer Vieweg: Studium  
 Michael Hinze, Rene Pinnau, Michael Ulbrich, Stefan Ulbrich: Optimization with PDE constraints, Springer Dordrecht

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Optimale Steuerung parabolischer partieller Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 201158 Prüfungsnummer: 2400882

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der optimalen Steuerung parabolischer Differentialgleichungen mit quadratischem Zielfunktional, können diese beschreiben und erläutern. Sie sind nach den Übungen fähig, die allgemeinen Ergebnisse auf Spezialfälle und konkrete Anwendungsbeispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Analysis, lineare Algebra, Grundkenntnisse in der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen und der (nichtlinearen) Optimierung.

### Inhalt

Linear-quadratische elliptische Probleme: Existenz optimaler Steuerungen, hinreichende Optimalitätsbedingungen für parabolische Probleme; ggf. Behandlung von Problemen mit zustandsbeschränkten oder nichtlinearen Gleichungen. Benötigte funktionalanalytische Grundlagen (in Kurzform): u.a. Gelfand-Tripel, Bochner-Integral, adjungierte Operatoren. Anwendung an Diffusionsprobleme wie Wärmeleitung und Optionspreise im Kontext der Finanzmathematik

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

Tafel, Beamer

### Literatur

Fredi Tröltzsch: Optimale Steuerung partieller Differentialgleichungen - Theorie, Verfahren und Anwendungen, Springer Vieweg: Studium

Michael Hinze, Rene Pinnau, Michael Ulbrich, Stefan Ulbrich: Optimization with PDE constraints, Springer Dordrecht

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



## Modul: Port-Hamiltonsche Systeme

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

Modulnummer: 201156      Prüfungsnummer: 2400880

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die Grundlagen der port-Hamiltonschen Systeme. Sie besitzen die Fähigkeit, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden. Sie können konkrete Anwendungsbeispiele analysieren. Sie wissen, wie physikalische Systeme mittels port-Hamiltonschen Systemen modelliert werden.

### Vorkenntnisse

Grundvorlesungen in Analysis und Lineare Algebra

### Inhalt

Modellierung mit port-Hamiltonschen Systemen  
 Port-Hamiltonsche System auf Mannigfaltigkeiten  
 Dirac-Strukturen  
 Gekoppelte port-Hamiltonsche Systeme  
 port-Hamiltonsche Systeme Eingangs-Zustands-Ausgangs-Systeme  
 Steuerung und Regelung port-Hamiltonscher Systeme

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

Tafel, Beamer

### Literatur

van der Schaft, Arjan; Jeltsema, Dimitri: "Port-Hamiltonian Systems Theory: An Introductory Overview".  
 J.C. Willems, "Dissipative dynamical systems. Part I: General theory", Arch. Rat. Mech. and Analysis, 45(5): 321-351, 1972.  
 J.C. Willems, "Dissipative dynamical systems. Part II: Linear systems with quadratic supply rates", Arch. Rat. Mech. and Analysis, 45(5): 352-393, 1972.  
 J.C. Willems, "The behavioral approach to open and interconnected systems", Control Systems Magazine, 27, Dec. 2007, pp. 46-99.  
 J.C. Willems, "Terminals and ports", IEEE Circuits and Systems Magazine, 10(4):8-16, December 2010.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Spezielle Themen der Systemtheorie

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

Modulnummer: 200461      Prüfungsnummer: 2400813

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung Konzepte und Methoden der Adaptiven und Modellprädiktiven Regelung. Sie besitzen Kenntnisse grundlegender Steuerungstechniken und Regler und wissen, wie diese in typischen Anwendungsfeldern eingesetzt werden. Sie sind nach den Übungen befähigt, die o. g. Kenntnisse in einfachen typischen Anwendungsbeispielen einzusetzen.

### Vorkenntnisse

Systemtheorie I

### Inhalt

Adaptive Regelung, Modellprädiktive Regelung, Lypunov-Stabilität, Modellreduktion, Nulldynamik

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

Tafel, Folien

### Literatur

keine Angabe möglich

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Zeitreihenanalyse

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

Modulnummer: 200452      Prüfungsnummer: 2400804

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und den sie begleitenden Übungen in der Lage, Zeitreihendaten im Rahmen der behandelten Modellklassen zu modellieren, zu analysieren und vorherzusagen.

### Vorkenntnisse

Maßtheorie & Stochastik oder Stochastik, besser Stochastische Prozesse

### Inhalt

Stationäre Prozesse und ihre Vorhersage, Schätzung von Erwartungswert und Kovarianz, ARMA-Prozesse, Spektralanalyse, Zustandsraummodelle und Kalman-Filter, Finanzzeitreihen

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Brockwell, P. J. and Davis, R. A. (2006). Time Series: Theory and Methods, 2nd edn, Springer-Verlag, New York.

Hannan, E. J. (1983). Time Series Analysis, Chapman and Hall International, London.

Durbin, J. and Koopman, S. J. (2001). Time Series Analysis by State Space Methods, Oxford University Press, Oxford.

Franke, J., Härdle, W. and Hafner, C. M. (2004). Statistics of Financial Markets, Springer-Verlag, Berlin.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Informatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Numerische Feldberechnung

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200541

Prüfungsnummer: 210492

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Hannes Töpfer

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2117							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester	2 2 0									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Fachkompetenz:

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, naturwissenschaftliches und angewandtes Grundlagenwissen der Informationsverarbeitung in Bezug auf die Numerische Feldberechnung zu erklären sowie daraus eine systematische Dokumentation abzuleiten.

#### Methodenkompetenz:

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, Methoden der numerischen Feldberechnung anzuwenden und zur komplexen Modellbildung einzusetzen.

#### Systemkompetenz:

Studierende sind nach Abschluss in der Lage, die numerischen Verfahren in einem systematischen Überblick zusammenzufassen.

Nach Abschluss der Lehrveranstaltung verfügen sie über vertiefendes Überblickwissen und können Wissen aus thematisch angrenzenden Fachgebieten zuordnen.

#### Sozialkompetenz:

Nach dem Besuch eines rechnergestützten Seminars verfügen die Studierenden über eine prozessorientierte Vorgehensweise und können unter Zeit- und Kostengesichtspunkten die richtige Entscheidung treffen.

Nach Abschluss des Modules können die Studierenden ihre praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten in Bezug auf die Feldberechnung einschätzen und haben gelernt, teamorientiert zu handeln.

### Vorkenntnisse

Theoretische Elektrotechnik 1 und 2

### Inhalt

Mathematische und physikalische Feldmodellierung; Numerische Methoden und Algorithmen zur Berechnung elektromagnetischer Felder; Elektromagnetisches "Computer Aided Design", Preprocessing; Postprocessing (Kapazitäten, Induktivitäten, Kräfte); Software für Feldberechnungen; Lösung einfacher Feldaufgaben mit vorhandener Software Einführung in das elektromagnetische CAD zum Entwurf von elektromagnetischen Geräten; Probleme der elektromagnetischen Verträglichkeit; Kopplung elektromagnetischer Felder mit mechanischer Bewegung

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

Folien, Arbeitsblätter, computergestützte Übungen

### Literatur

[1] Binns, K.; Lawrenson, P.J.; Trowbridge, C.W.: The analytical and numerical solution of electric and magnetic fields. John Wiley & Sons, Chinchester, 1992

[2] Harrington, R.F.: Field computation by moment methods. IEEE Press, Piscataway, 1993

[3] Sadiku, M.N.O.: Numerical Techniques in Electromagnetics. CRC Press, Boca Raton, 2001

[4] Humphries, St.: Finite-element methods for electromagnetics, CRC Press, 1997

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Numerische Feldberechnung mit der Prüfungsnummer 210492 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 40% (Prüfungsnummer: 2100880)
- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 60% (Prüfungsnummer: 2100881)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

schriftlicher Hausbeleg mit Abschlusspräsentation, Angebot ausschließlich im Sommersemester

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Biomedizinische Technik 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Theoretische Elektrotechnik 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 180 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200538 Prüfungsnummer: 2100877

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Hannes Töpfer

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2117

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Absolventen der Lehrveranstaltung, bestehend aus Vorlesung und dazu gehörigen Übungen:
- besitzen Kenntnisse über die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten statischer und stationärer elektromagnetischer Felder
  - sind informiert über die Lösung der Laplace- und Poisson-Differentialgleichungen im Falle konstanter Randbedingungen
  - besitzen Kenntnisse über die Integralparameter Kapazität, Widerstand und Induktivität
  - können Energie und Kräfte dieser Feldtypen berechnen
- Fachkompetenz:  
 Studierende haben naturwissenschaftliches und angewandtes Grundlagenwissen und können insbesondere das angewandte Grundlagenwissen einbinden.
- Methodenkompetenz:  
 Studierende sind in der Lage, Methoden systematisch zu trainieren  
 Sie können sich Fachwissens systematisch erschließen und es nutzen.  
 Sie beherrschen Methoden zur systematischen Behandlung von Ingenieurproblemen.
- Systemkompetenz:  
 Studierende sind zu fachübergreifendem systemorientiertem Denken befähigt, haben ihre Kreativität trainiert.
- Sozialkompetenz:  
 Studierende besitzen ein ausgeprägtes Lern- und Abstraktionsvermögen, sind flexibel bei der Lösung gestellter Aufgaben. Sie können aktiv kommunizieren, sind zur Arbeit im Team befähigt. Sie sind in der Lage, ihre Ergebnisse zu präsentieren und besitzen Durchsetzungsvermögen.

### Vorkenntnisse

Mathematik, Experimentalphysik, Allgemeine Elektrotechnik

### Inhalt

Grundlegende Gesetzmäßigkeiten elektromagnetischer Felder: Maxwellsche Gleichungen, Elektrostatisches Feld für gegebene Ladungsverteilungen: Lösung der Laplace- und Poisson-DGL, Feldprobleme mit konstanten Randbedingungen, Integralparameter, Energie und Kräfte; Stationäres elektrisches Strömungsfeld; Stationäres Magnetfeld: Vektorpotential, Biot-Savart-Gesetz

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

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3504>  
 Gedrucktes Vorlesungsskript zur Lehrveranstaltung, gedruckte Aufgabensammlung (auch im Internet verfügbar)

### Literatur

Uhlmann, F. H.: Vorlesungsskript zur Theoretischen Elektrotechnik, Teil I/TU Ilmenau  
 Lehner, G.: Elektromagnetische Feldtheorie, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2006  
 Simonyi, K.: Theoretische Elektrotechnik, 10. Aufl. Johann Ambrosius Barth, 1999  
 Henke, H.: Elektromagnetische Felder. Theorie und Anwendung, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2002  
 Wunsch, G.; Schulz, H.-G.: Elektromagnetische Felder, Verlag Technik Berlin, 1989  
 Philippow, E.: Grundlagen der Elektrotechnik, 9. Aufl., Verlag Technik, Berlin, 1992

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=3504>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Technische Elektrodynamik

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

Modulnummer: 200536      Prüfungsnummer: 2100875

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Hannes Töpfer

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik      Fachgebiet: 2117

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

**1. Fachkompetenz:**

Nach der Veranstaltung verfügen die Studierenden über Kenntnisse zu elektrodynamischen, insbesondere relativistischen Sachverhalten und sind befähigt, die Grundgleichungen zur elektrodynamischen Feldberechnung wiederzugeben

**2. Methodenkompetenz:**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, Methoden zur systematischen Behandlung von elektromagnetischen Feldproblemen unter Berücksichtigung ingenieurtechnischer Aspekte zu analysieren. Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls das notwendige Fachwissen zur systematischen Erschließung der technischen Elektrodynamik selbständig ableiten.

**3. Systemkompetenz:**

Nach Abschluss des Modules können die Studierenden fachübergreifend system- und feldorientiertes Denken zielgerichtet kombinieren.

**4. Sozialkompetenz:**

Nach der Lehrveranstaltung haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand praxisnaher Beispiele gefestigt und sind in der Lage, mit Fachkollegen kompetent themenbezogen zu kommunizieren.

### Vorkenntnisse

Theoretische Elektrotechnik, physikalisches Grundverständnis

### Inhalt

- . Zeitabhängige Feldprobleme:
  - o vollständige Maxwell-Gleichungen, Wellenlösungen und charakteristische Phänomene
- . Relativistische Betrachtung der Elektrodynamik:
  - o Lorentztransformation
  - o Vierervektoren und Feldtensor
  - o Anwendung der Lorentztransformation auf Maxwell-Gleichungen
  - o Berechnungen zur relativistischen Elektrodynamik
- . Elektromagnetische Kräfte

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

Tafelanschrieb

### Literatur

[1] Sommerfeld, A. Vorlesungen zur Theoretischen Physik, Band III Elektrodynamik, Verlag Harri Deutsch

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:



Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Mechatronik 2021  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Theoretische Elektrotechnik 2

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 180 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200537 Prüfungsnummer: 2100876

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Hannes Töpfer

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2117							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 2 0								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Absolventen der Lehrveranstaltung, bestehend aus Vorlesung und dazu gehörigen Übungen:

- besitzen Kenntnisse über quasistationäre und rasch veränderliche elektromagnetische Felder
- sind informiert über Probleme der Strom- und Feldverdrängung und
- besitzen grundsätzliche Kenntnisse über die Ausbreitung von Wellen auf Leitungen und im freien Raum

### Vorkenntnisse

Theoretische Elektrotechnik 1

### Inhalt

Quasistationäres Feld: Verallgemeinertes Induktionsgesetz, Felddiffusion: Lösung der Diffusionsgleichung, Fluss- und Stromverdrängung, Skineffekt; Geführte Wellen auf homogenen Leitungen: Leitungsgleichungen und ihre Wellenlösungen, Übertragungseigenschaften; Rasch veränderliches elektromagnetisches Feld: Wellengleichungen, ebene Wellen, Lösung der vollständigen Maxwell'schen Gleichungen: retardierte Potentiale, Wellenabstrahlung/Leistung  
 Poynting-Satz  
 Elementarstrom- und Mengentheorie des Magnetismus, Energie und Kräfte, Induktivität

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

Vorlesungsskript zur Lehrveranstaltung, Folien, Aufgabensammlung (auch im Internet verfügbar)  
<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3016>

### Literatur

Uhlmann, F. H.: Vorlesungsskripte zur Theoretischen Elektrotechnik, Teile I und II/TU Ilmenau  
 Lehner, G.: Elektromagnetische Feldtheorie, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2006  
 Simonyi, K.: Theoretische Elektrotechnik, 10. Aufl. Johann Ambrosius Barth, 1999  
 Henke, H.: Elektromagnetische Felder. Theorie und Anwendung, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2002  
 Wunsch, G.; Schulz, H.-G.: Elektromagnetische Felder, Verlag Technik Berlin, 1989  
 Philippow, E.: Grundlagen der Elektrotechnik, 9. Aufl., Verlag Technik, Berlin, 1992

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3016>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Kognitive Robotik

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200083

Prüfungsnummer: 220453

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Horst-Michael Groß

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2233							
SWS nach Fach- semester	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
	2 1 1									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach Absolvierung des Moduls "Kognitive Robotik" verfügen die Studenten über die Begrifflichkeiten und das Methodenspektrum der Kognitiven Robotik. Sie haben übergreifende Ansätze zur Konzeption und der Realisierung von Robotik-Komponenten aus der Sicht von Sensorik, Aktorik und kognitiver Informationsverarbeitung verstanden. Sie kennen Techniken der Umgebungswahrnehmung und der lokalen und globalen Navigation von Kognitiven Robotern in komplexer realer Einsatzumgebung. Die Studierenden sind in der Lage, Fragestellungen aus dem o. g. Problemkreisen zu analysieren, durch Anwendung des behandelten Methodenspektrums Lösungskonzepte für unterschiedliche Fragestellungen der Service- und Assistenzrobotik zu entwerfen und umzusetzen, sowie bestehende Lösungskonzepte zu bewerten. Vor- und Nachteile der Komponenten und Verfahren im Kontext praktischer Anwendungen sind den Studierenden bekannt. Mit den Python-Implementierungen (Teilleistung 2) verfügen die Studierenden über praktische Verfahren bei der Implementierung von Navigationsalgorithmen für die Robotik. Nach intensiven Diskussionen während der Übungen und zur Auswertung der Python-Implementierung können die Studierenden Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Pflichtmodul "Neuroinformatik und Maschinelles Lernen"

### Inhalt

Die Lehrveranstaltung vermittelt das erforderliche Methodenspektrum aus theoretischen Grundkenntnissen und praktischen Fähigkeiten zum Verständnis, zur Implementierung und zur Anwendung von Verfahren der Roboternavigation sowie zur Informations- und Wissensverarbeitung in Kognitiven Robotern. Sie vermittelt sowohl Faktenwissen, begriffliches und algorithmisches Wissen aus folgenden Themenkomplexen:

- Begriffsdefinitionen (Kognitive Robotik, Servicerobotik, Assistenzrobotik), KI-Verfahren in der Robotik, Anwendungsbeispiele und Einsatzgebiete
- Basiskomponenten Kognitiver Roboter
- Sensorik und Aktuatorik: aktive und passive / interne und externe Sensoren; Antriebskonzepte und Artikulationstechniken
- Basisoperation zur Roboternavigation:
  - Arten der Umgebungsmodellierung und -kartierung
  - Lokale Navigation und Hindernisvermeidung incl. Bewegungssteuerung (VFH, VFH+, DWA); Anbindung an die Motorsteuerung
  - Probabilistische Selbstlokalisierung (Bayes-Filter, Partikel-Filter, Monte Carlo Localization)
  - Pfadplanung (Dijkstra, A\*, E\*, Rapidly-Exploring Random Trees)
  - Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) Techniken (online SLAM, Full SLAM)
  - Steuerarchitekturen nach Art der Problemdekomposition und der Ablaufsteuerung
  - Leistungsbewertung und Benchmarking Kognitiver Roboter (Metriken und Gütemaße, Gestaltung von Funktionstests)
  - Aktuelle Entwicklungen der Service- und Assistenzrobotik mit Zuordnung der vermittelten Verfahren

Im Rahmen des Pflichtpraktikums werden die behandelten methodischen und algorithmischen Grundlagen der

Roboternavigation (Erzeugung einer Occupancy Grid Maps, Pfadplanung (Dijkstra und A\* Algorithmus), Selbstlokalisierung mittels Partikelfilter) durch die Studierenden selbst softwaretechnisch umgesetzt und im Rahmen eines vorgefertigten Python-Frameworks implementiert.

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

Präsenzvorlesung mit Powerpoint, Arbeitsblätter zur Vorlesung, Lectures on demand mit Erläuterungsvideos zu Vorlesungs-, Übungs- und Praktikumsinhalten, Übungsaufgaben, Videos, Python Apps, studentische Demo-Programme, e-Learning mittels "Jupyter Notebook", Moodle-Kurs

#### Literatur

- Hertzberg, J., Lingemann, K., Nüchter: A. Mobile Roboter; Springer Vieweg 2012
- Siciliano, B., Khatib: O. Springer Handbook of Robotics, Springer 2016
- Thrun, S., Burgard, W., Fox, D.: Probabilistic Robotics, MIT Press 2005
- Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R.: Introduction to Autonomous Mobile Robots, MIT Press 2004

#### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Kognitive Robotik mit der Prüfungsnummer 220453 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200739)
- alternative semesterbegleitende Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200740)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
eigenständige Python-Implementierungen von Navigationsleistungen

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4673>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biomedizinische Technik 2014  
Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Informatik 2013  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Lernen in kognitiven Systemen

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200085

Prüfungsnummer: 220455

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Horst-Michael Groß

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2233							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester	2 1 1									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Im Wahlmodul "Lernen in Kognitiven Systemen" haben die Studierenden aufbauend auf den Modulen "Neuroinformatik und Maschinelles Lernen" und "Deep Learning für Computer Vision" die konzeptionellen, methodischen und algorithmischen Grundlagen des Maschinellen Lernens zum Erwerb komplexer Verhaltensleistungen in kognitiven Systemen (Autonome Systeme, Roboter, Prozesssteuerungen, Spiele) durch Lernen aus Erfahrungen verstanden. Sie verfügen über Kenntnisse zur grundsätzlichen Herangehensweise dieser Form des Wissenserwerbs und zur Generierung von handlungsorientiertem Wissen aus Beobachtungen und Erfahrungen. Die Studierenden haben sich die wesentlichen Konzepte, Lösungsansätze sowie Modellierungs- und Implementierungstechniken beim Einsatz von Verfahren des Reinforcement Learnings und dessen Spielarten angeeignet. Sie sind in der Lage, praxisorientierte Fragestellungen aus dem o. g. Problemkreis zu analysieren, durch Anwendung des behandelten Methodenspektrums auf Fragestellungen aus den behandelten Bereichen neue Lösungskonzepte zu entwerfen und algorithmisch umzusetzen sowie bestehende Lösungen zu bewerten. Vor- und Nachteile der Komponenten und Verfahren im Kontext praktischer Anwendungen sind den Studierenden bekannt. Nach intensiven Diskussionen während der Übungen und zur Auswertung der Python-Implementierung (Teilleistung 2) können die Studierenden Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Pflichtmodul "Neuroinformatik und Maschinelles Lernen", Wahlmodul "Deep Learning für Computer Vision"

### Inhalt

Das Modul vermittelt das erforderliche Methodenspektrum aus theoretischen Grundkenntnissen und praktischen Fähigkeiten zum Verständnis, zur Implementierung und zur Anwendung neuronaler und probabilistischer Techniken des Erwerbs von Handlungswissen durch Lernen aus evaluativ bewerteten Erfahrungsbeispielen. Sie vermittelt sowohl Faktenwissen, begriffliches und algorithmisches Wissen aus folgenden Themenkomplexen:

- Begriffliche Grundlagen: Verhalten; Agent; Zweck und Bedeutung von Lernprozessen; Stability-Plasticity Dilemma; Exploration-Exploitation Dilemma
- Reinforcement Learning (RL): Grundidee des RL; General RL-Task; Schwache und starke RL-Verfahren, RL als Markov Decision Process (MDP); Basiskomponenten eines RL-Agenten; Value/Action-Value Iteration und das Bellman'sche Optimalitätsprinzip; Q-Learning, Boltzmann-Aktionsauswahl; SARSA-Learning; On-policy und off-policy Verfahren; Eligibility Traces; RL und teilweise Beobachtbarkeit; Lösungsansätze zur Behandlung von POMDP
  - Neuronale Umsetzung von RL-Agenten: Value Approximation am Beispiel TD-Gammon; NFQ-Verfahren; ADHDP-Verfahren; Grundidee von Policy Search Algorithmen
  - Deep Reinforcement Learning (DRL) als Form des End-to-End Learnings: Atari Deep RL; AlphaGo; DeepControl
- Learning Classifier Systems (LCS)
- Multi-Agenten Systeme (MAS); Motivation und Arten von Multi-Agentensystemen; Konzepte zur Koordinierung von Agenten; Koordination mittels W-Lernen
- Exemplarische Software-Implementierungen von RL-Verfahren für Navigationsaufgaben, Spiele,

## Prozesssteuerungen (Teilleistung 2)

Im Rahmen der Teilleistung 2 sollen in C++ oder Python eigene Plugins zur Anwendung des Reinforcement Learnings am Beispiel der Roboternavigation im Simulator erstellt und experimentell untersucht werden.

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

Präsenzvorlesung mit Powerpoint, Arbeitsblätter zur Vorlesung, Übungsaufgaben, Videos, Python Apps, studentische Demo-Programme, e-Learning mittels "Jupyter Notebook"

### Literatur

- Sutton, R., Barto, A. Reinforcement Learning - An Introduction. MIT Press 1998 / 2018 <http://incompleteideas.net/book/RLbook2018.pdf> )
- Alpaydin, Ethem. Maschinelles Lernen, Oldenbourg Verlag, 2008 - Bishop, Chr. Neural Networks for Patter Recognition, Oxford Press 1997

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Lernen in kognitiven Systemen mit der Prüfungsnummer 220455 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200743)
- alternative semesterbegleitende Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200744)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

eigene C++ oder Python-Implementierungen und Übungsaufgaben

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Biomedizinische Technik 2021

Master Informatik 2013

Master Informatik 2021

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Mensch-Maschine-Interaktion

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200086

Prüfungsnummer: 220456

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Horst-Michael Groß

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2233							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 1 1								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Im Modul "Mensch-Maschine-Interaktion" haben sich die Studierenden die Begrifflichkeiten und das Methodenspektrum der Mensch-Maschine Interaktion unter Realwelt-Bedingungen angeeignet. Sie beherrschen wichtige Basisoperationen zur (vorrangig visuellen) Wahrnehmung von Menschen und zur Erkennung von deren Intentionen und Zuständen und kennen Techniken zur nutzeradaptiven Dialogführung. Die Studierenden sind in der Lage, Fragestellungen aus dem o. g. Problembereichen zu analysieren, durch Anwendung des behandelten Methodenspektrums Lösungskonzepte für unterschiedliche Fragestellungen der Service- und Assistenzrobotik zu entwerfen und umzusetzen, sowie bestehende Lösungskonzepte zu bewerten. Vor- und Nachteile der Komponenten und Verfahren im Kontext praktischer Anwendungen sind den Studierenden bekannt. Nach intensiven Diskussionen während der Übungen und zur Auswertung der Python-Implementierung können die Studierenden Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigte Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Pflichtmodul "Neuroinformatik und Maschinelles Lernen" und Wahlmodul "Deep Learning für Computer Vision"

### Inhalt

Das Modul vermittelt das erforderliche Methodenspektrum aus theoretischen Grundkenntnissen und praktischen Fähigkeiten zum Verständnis, zur Implementierung und zur Anwendung von Verfahren der Interaktion zwischen Mensch und Maschine (mit Fokus auf vision-basierten Verfahren sowie dem Einsatz auf Robotersystemen) sowie zur erforderlichen Informations- und Wissensverarbeitung. Sie ergänzt das parallel laufende Modul "Robotvision", das sich um Aspekte der Roboternavigation kümmert, um wichtige Erkennungsverfahren der Mensch-Roboter Interaktion (HRI). Das Modul vermittelt das dazu notwendige Faktenwissen sowie begriffliches, methodisches und algorithmisches Wissen aus den folgenden Kernbereichen:

#### A - Ausgewählte Basisoperationen für viele Erkennungsverfahren

- Basisoperationen der MMI im Rahmen eines Mustererkennungsprozesses
- Leistungsbewertung von Klassifikatoren: Gütemaße; Crossvalidation-Technik; Bewertung von binären Klassifikatoren, Gütemaß ROC/Precision Recall Kurven, usw.
- Bildaufbereitung und Bildanalyse: Beleuchtungs-/ Histogrammausgleich; AuflösungsPyramiden; Lineare Subspace Methoden (HKA / PCA); Gabor-Wavelet-Funktionen (Gaborfilter) zur effizienten Bildbeschreibung;
- Bewegungsanalyse in Videosequenzen
- Techniken zur Repräsentation von Zeit: Dynamic Time Warping, Hidden Markov Modelle (HMMs)
- Bayes Filtering als probabilistische Zustandsschätzer: Grundidee, Markov-Annahme, Grundprinzip des rekursiven Bayes-Filters, Bewegungs- und Sensormodell, Arten der Beliefrepräsentation in Bayes Filtern; Partikel Filter

#### B - Wichtige Verfahren zur Erkennung von Nutzerzustand & Nutzerintention

- Vision-basierte Nutzerdetektion, Nutzertracking, Nutzeridentifikation
- Zeigeposen- und Gestenerkennung
- Erkennung von Mimik (Emotionen, Stress) und Interaktionsinteresse + aktuelle Entwicklungen
- Multimodale Dialogsysteme: Bestandteile von Dialogsystemen; Besonderheiten multimodaler Dialogsysteme



## C - Anwendungsbeispiele für Assistenzfunktionen in öffentlicher & privater Umgebung

- Soziale Assistenzroboter für die Gesundheitsassistentz
- Robotische Bewegungsassistentz am Beispiel Reha

## D - Gastvorlesung zur sprachbasierten MMI und zu Hidden Markov Modellen sowie deren Einsatz in der Spracherkennung, Unterschriftserkennung und Gestenerkennung

Im Rahmen der Teilleistung 2 werden ausgewählte methodische und algorithmische Grundlagen der MMI durch die Studierenden selbst softwaretechnisch umgesetzt und durch kleine Programmbeispiele vertieft. Neben den Programmbeispielen werden etische, soziale und rechtliche Aspekte beim Einsatz von Techniken der videobasierten Mensch-Maschine-Interaktion im Allgemeinen sowie wesentliche datenschutzrechtliche Randbedingungen diskutiert. Als Programmiersprache wird Python verwendet. Für Verfahren des Maschinellen Lernens wird die scikit-Learn Toolbox verwendet.

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

Präsenzvorlesung mit Powerpoint, Arbeitsblätter zur Vorlesung, Übungsaufgaben, Videos, Python Apps, e-Learning mittels "Jupyter Notebook", Moodle-Kurs

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3745>

## Literatur

- Schenk, J, Rigoll, G. Mensch-Maschine-Kommunikation: Grundlagen von sprach- und bildbasierten Benutzerschnittstellen, Springer 2010
- Li, S und Jain, A.: Handbook of Face Recognition, 2004
- Bishop, Ch.: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer 2006
- Guyon, I., Gunn, S., Nikravesh, M., Zadeh, L.: Feature Extraction: Foundations and Applications, Studies in fuzziness and soft computing 207, Springer, 2006
- Maltoni, D., et al.: Biometric Fusion, Handbook of Fingerprint Recognition, Kapitel 7, Springer, 2009

## Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Mensch-Maschine-Interaktion mit der Prüfungsnummer 220456 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200745)
- alternative semesterbegleitende Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200746)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

eigene Python-Implementierungen von vorgegebenen Algorithmen und Übungsaufgaben

Link zum Moodle-Kurs

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Biomedizinische Technik 2021  
Master Informatik 2013  
Master Informatik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Maschinenbau 2017  
Master Maschinenbau 2022  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Medieningenieurwissenschaften 2023  
Master Medientechnologie 2017  
Master Optische Systemtechnik/Optronik 2017  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Robotvision

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200087

Prüfungsnummer: 220457

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Horst-Michael Groß

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2233							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 1 1								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Im Modul "Robotvision" haben die Studierenden die Begrifflichkeiten und das Methodenspektrum des Maschinellen Sehens mit Fokus in der mobilen Robotik kennen gelernt. Sie haben das Paradigma der handlungsorientierten Wahrnehmung - insbesondere zur visuellen Roboternavigation in natürlicher Umwelt verstanden. Sie beherrschen wichtige Basisoperationen für die visuelle Wahrnehmung der Umgebung (Tiefe, Bewegung, Hindernisse, Freiraum, Räumlichkeiten, eigene Position in der Welt) und können Handlungskonsequenzen aus der visuellen Wahrnehmung der Umgebung ableiten. Sie haben Techniken der vision-basierten Umgebungswahrnehmung und der lokalen und globalen Navigation von Kognitiven Robotern in komplexer realer Einsatzumgebung kennen gelernt.

Die Studierenden sind in der Lage, Fragestellungen aus dem o. g. Problemkreisen zu analysieren, durch Anwendung des behandelten Methodenspektrums Lösungskonzepte für unterschiedliche Fragestellungen der Service- und Assistenzrobotik zu entwerfen und umzusetzen, sowie bestehende Lösungskonzepte zu bewerten. Vor- und Nachteile der Komponenten und Verfahren im Kontext praktischer Anwendungen sind den Studierenden bekannt. Nach intensiven Diskussionen während der Übungen und zur Auswertung des Praktikums (Teilleistung 2) können die Studierenden Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Kognitive Robotik

### Inhalt

Das Modul vermittelt das erforderliche Methodenspektrum aus theoretischen Grundkenntnissen und praktischen Fähigkeiten zum Verständnis, zur Implementierung und zur Anwendung von Verfahren der vision-basierten Roboternavigation und Objektmanipulation sowie zur erforderlichen Informations- und Wissensverarbeitung. Es vermittelt sowohl Faktenwissen, begriffliches und algorithmisches Wissen aus folgenden Themenkomplexen:

- Basisoperationen d. Roboternavigation
- Neuronale Basisoperationen der visuo-motorischen Verarbeitung - der neuronale Instruktionssatz: funktionelle und topografische Abbildungen (u.a. log-polare Abbildung), Auflösungs-pyramiden, neuronale Felddynamik, ortsvariante Informationsverarbeitung, geschichtete Repräsentationen
- Basisoperationen & Technologien für die visuelle Umgebungswahrnehmung:
  - Detektoren & Deskriptoren für Interest-Points in 2D-Bildern
  - Bewegungssehen und optischer Fluss
  - Tiefenwahrnehmung, Tiefenkameras (RGB-D Kameras)
  - Detektoren & Deskriptoren für Tiefenbilder (3D-Bilder)
  - Visuelle Odometrie
- Vision-basierte Roboternavigation
  - Hindernisvermeidung (u.a. flussbasiert, Untergrund-Segmentierung)
  - Mapping und Selbstlokalisierung
  - Visuelles SLAM (Simultaneous Localization and Map Building inkl. ORB-SLAM und RTAB-Map)
- Semantisches Szenenverständnis
- Vision-basierte Objektmanipulation

- Exemplarische Software-Implementierungen von Basisoperationen

Im Rahmen des Praktikums werden die behandelten methodischen und algorithmischen Grundlagen der vision-basierten Roboternavigation durch die Studierenden selbst softwaretechnisch umgesetzt und im Rahmen eines vorgefertigten Robotersimulations-Frameworks implementiert (Teilleistung 2).

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

Präsenzvorlesung mit Powerpoint, Arbeitsblätter zur Vorlesung, Übungsaufgaben, Videos, Python Apps, e-Learning mittels "Jupyter Notebook", Moodle-Kurs

#### Literatur

- Hertzberg, J., Lingemann, K., Nüchter, A.: Mobile Roboter, Springer 2012
- Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R., Scaramuzza, D.: Introduction to Autonomous Mobile Robots. MIT Press 2004
- Jähne, B. Digitale Bildverarbeitung. Springer Verlag 2005
- Bradsky, G., Kaehler, A. Learning OpenCV: Computer Vision with OpenCV Library
- Siciliano, B., Khatib: O. Springer Handbook of Robotics, Springer 2016
- Thrun, S., Burgard, W., Fox, D.: Probabilistic Robotics, MIT Press 2005

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Robotvision mit der Prüfungsnummer 220457 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200747)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200748)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Erfolgreiche Implementierung von zwei vorgegebenen Navigationsalgorithmen im vorhandenen Navigationsframe Simulator

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=27>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Biomedizinische Technik 2021  
 Master Informatik 2013  
 Master Informatik 2021  
 Master Ingenieurinformatik 2014  
 Master Ingenieurinformatik 2021  
 Master Mechatronik 2017  
 Master Mechatronik 2022  
 Master Optische Systemtechnik/Optronik 2017  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Partielle Differentialgleichungen und Halbgruppen

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

Modulnummer: 200423 Prüfungsnummer: 2400775

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Carsten Trunk

Leistungspunkte: 10 Workload (h): 300 Anteil Selbststudium (h): 232 SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2419

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	4	2	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Vorlesung können die Studenten verschiedene Probleme der klassischen Mathematik aus einem allgemeineren Standpunkt betrachten, ihre grundlegenden Gesetzmäßigkeiten besser zu erkennen und das Gemeinsame aufzudecken. Sie sind befähigt, die in der Vorlesung vermittelte Theorie zur Lösung konkreter Probleme der reinen und der angewandten Mathematik zu verwenden. Nach den Übungen können die Studierenden die aus der Vorlesung bekannten Methoden selbständig zur Analyse und Lösung von konkreten Problemen anwenden. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Analysis

### Inhalt

Halbgruppenzugang zur Behandlung partieller Differentialgleichungen. Satz von Hille-Yosida, abstraktes Cauchy-Prpblem, Spektrum, Störungstheorie, ggf. Bezug zur unendlichdimensionalen Systemtheorie

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

Tafel, Folien, Skripte, Übungsaufgaben

### Literatur

K.-J. Engel, R. Nagel: One-parameter semigroups for linear evolution equations, Springer.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Stochastische Analysis

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

Modulnummer: 200451 Prüfungsnummer: 2400803

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen den Itô-Kalkül, können mit stochastischen Differentialgleichungen umgehen und beides für Anwendungen nutzen.

### Vorkenntnisse

Stochastische Prozesse

### Inhalt

Itô-Integral, Itô-Formel, stochastische Differentialgleichungen und ihre Anwendungen (u. a. Bewertung von Optionen)

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Klenke, A. (2006). Wahrscheinlichkeitstheorie, Springer, Berlin.

Korn, R. and Korn, E. (1999). Optionsbewertung und Portfolio-Optimierung, vieweg, Braunschweig.

McKean, H. P. (1969). Stochastic Integrals, Academic Press, New York.

Steele, J. M. (2001). Stochastic Calculus and Financial Applications, Applications of Mathematics, Springer, New York.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Mathematik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Funktionalanalysis

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

Modulnummer: 200414      Prüfungsnummer: 2400766

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Carsten Trunk

Leistungspunkte: 10      Workload (h): 300      Anteil Selbststudium (h): 232      SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2419

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Vorlesung können die Studenten verschiedene Probleme der klassischen Mathematik vom allgemeineren Standpunkt aus zu betrachten, ihre grundlegenden Gesetzmäßigkeiten besser zu erkennen und das Gemeinsame aufzudecken. Probleme, die ihren Lösungsmethoden ähnlich, aber ihren konkreten Inhalten nach verschieden sind, lassen sich mit der Funktionalanalysis einheitlich behandeln. Die so aufgebaute allgemeine Theorie lässt sich dann mit Erfolg zur Lösung konkreter Probleme, nicht nur der reinen, sondern auch der angewandten Mathematik heranziehen. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis, Angewandte Analysis

### Inhalt

Banach- und Hilberträume, die 5 großen Hauptsätze der Funktionalanalysis (Hahn-Banach, Banach-Steinhaus, Banach, abgeschlossenes Bild und Graph). Selbstadjungierte Operatoren und Anwendungen auf partielle Differentialgleichungen der mathematischen Physik. Spektraltheorie. Spektralsatz.

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

Tafel, Folien, Skripte, Übungsaufgaben

### Literatur

Rudin, W.: Functional Analysis. Mc-Graw-Hill, New York 1991.  
 Werner, D.: Funktionalanalysis, Springer.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Large Networks & Random Graphs

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

Modulnummer: 200439      Prüfungsnummer: 2400791

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Yury Person

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2417

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung verschiedene Modelle zufälliger Graphen, deren Anwendungsmöglichkeiten sowie Vor- und Nachteile. Sie sind u.a. durch die Übungen in der Lage, für ein Anwendungsproblem ein passendes Modell auszuwählen, dieses methodisch zu untersuchen und Algorithmen darauf anzuwenden und zu entwickeln. Sie sind ebenso befähigt, aktuelle Forschungsarbeiten zu lesen und die Ergebnisse zu präsentieren, zu besprechen und zu reflektieren.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra 1&2, Analysis 1&2, Diskrete Stochastik, Graphen & Algorithmen

### Inhalt

Klassische Modelle zufälliger Graphen ( $G(n,p)$ ,  $G(n,m)$ ,  $G(n,d)$ ; zufällige geometrische Graphen) und deren wichtigste Eigenschaften; Schwellenwerte für monotone Eigenschaften; Modelle für komplexe Netzwerke.

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

Moodle, Folien bzw. PC Präsentationen, Tafel und Arbeitsblätter

### Literatur

- N. Alon, J. Spencer: The Probabilistic Method, 4th edition; Wiley, 2016.
- B. Bollobás: Random Graphs, 2nd edition; Cambridge University Press, 2001.
- A. Frieze, M. Karonski: Introduction to Random Graphs; Cambridge University Press, 2015.
- A. Frieze, M. Karonski: Random Graphs and Networks: A First Course; Cambridge University Press, 2023.
- S. Janson, T. Luczak, A. Rucinski: Random Graphs; Wiley, 2000.
- Aktuelle Forschungs publikationen.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Master Informatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

# Modul: Mathematische Systemtheorie differentiell-algebraischer Gleichungen

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

Modulnummer: 200429 Prüfungsnummer: 2400781

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben nach der Vorlesung grundlegende Kenntnisse der Theorie differentiell-algebraischer Gleichungen (DAE). Der Schwerpunkt liegt auf dem linearen Fall (z.B. Beziehung zwischen Matrixpolynomen und Systembeschreibung, Charakterisierung von Lösungen, Normalformen). Sie verstehen die im Vergleich zu gewöhnlichen Differentialgleichungen zusätzlichen Schwierigkeiten in Theorie, Systemtheorie (z.B. Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit) und Numerik. Nach den Übungen können die Studierenden typische Aussagen im Themengebiet der Vorlesung beweisen oder kennen numerische Lösungsverfahren und können diese auf konkrete Beispiele anwenden.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse Analysis und lineare Algebra sowie in gewöhnlichen Differentialgleichungen

### Inhalt

Differentiell-algebraische Gleichungen sind eine Erweiterung gewöhnlicher Differentialgleichungen um algebraische Nebenbedingungen: Modellierung, Regularität und Index, semi-explizite Form, konsistente Anfangswerte. Schwerpunktmäßig wird der lineare Fall (verschiedene Typen von Matrizenbüscheln und korrespondierende Lösungen, Matrizenpolynome und deren Eigenschaften, Normalformen. Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit. Feedback-Form) behandelt und ggf. ein Einblick in numerische Lösungsverfahren gewährt.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Matthias Gerds: Optimal Control of ODEs and DAEs (Kapitel 4), De Gruyter: Graduate, 2012.  
 Ernst Hairer und Gerhard Wanner: Solving Ordinary Differential Equations II - Stiff and Differential-Algebraic Problems, Springer: Computational Mathematics, 2. Auflage, 1996.  
 Peter Kunkel und Volker Mehrmann: Differential-algebraic equations: analysis and numerical solution, European Mathematical Society, 2. Auflage, 2006.  
 Karl Strehmel, Helmut Podhaisky und Rüdiger Weiner: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen - Nichtsteife, steife und differential-algebraische Gleichungen, Springer Spektrum: Studium, 2. Auflage, 2012.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



## Modul: Numerik partieller Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 200417 Prüfungsnummer: 2400769

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2413

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung grundlegende Begriffe, Resultate und Beweisideen der Theorie numerischer Lösungsverfahren für elliptische Differentialgleichungen sowie deren Erweiterung auf parabolische Probleme. Sie wissen, wie diese allgemeinen Resultate auf konkrete Beispiele angewandt und auf dem Rechner umgesetzt werden. Nach den Übungen sind sie in der Lage, die aus der Vorlesung bekannten numerischen Methoden auf konkrete Beispiele mit Rechnerunterstützung anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis und linearen Algebra sowie in der Theorie und Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen.  
 Grundkenntnisse in numerischer Mathematik, insbesondere bzgl. numerischer Methoden für gewöhnliche Differentialgleichungen, lineare Algebra.

### Inhalt

Numerische Verfahren zur Lösung elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen: Finite Differenzen, Finite Elemente (z.B. Galerkin-Methode), Linienmethode. Ergänzt um die theoretischen Grundlagen wie die Variationsformulierung sowie die numerische Analyse, z.B. in Bezug auf Diskretisierungsfehler. Zudem werden Modellierungsaspekte angesprochen.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Hackbusch, Wolfgang: Theorie und Numerik elliptischer Differentialgleichungen, Springer Spektrum: Lehrbuch, 2017.  
 Stig Larsson und Vidar Thomee: Partielle Differentialgleichungen und numerische Methoden, Springer, 2005.  
 Claus-Dieter Munz und Thomas Westermann: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen - Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch für Ingenieure, Springer, 4. Auflage, 2019.  
 Walter Zulehner: Numerische Mathematik - Eine Einführung anhand von Differentialgleichungsproblemen. Band 1: Stationäre Probleme/Band 2: Instationäre Probleme, Birkhäuser: Mathematik Kompakt, 2008/2011.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Spektraltheorie für gewöhnliche Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 200422 Prüfungsnummer: 2400774

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Carsten Trunk

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2419

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden wissen, wie Methoden der Operatortheorie zur Analyse und Lösung der Sturm-Liouville-Differentialgleichung verwendet werden können. Nach der Vorlesung können die Studenten diese Theorie in der mathematischen Physik (Quantenmechanik) anwenden. Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse der Erweiterungstheorie symmetrischer Operatoren. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an

### Vorkenntnisse

Analysis

### Inhalt

Gegenstand der Vorlesung sind Aspekte der Theorie der Sturm-Liouville-Differentialgleichung. Dabei stehen Methoden der Operatortheorie, insbesondere der Spektraltheorie, im Vordergrund. Es werden Anwendungen der Theorie in der Quantenmechanik (insbesondere Schrödingergleichung) behandelt.

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

Tafel, Folien, Skripte, Übungsaufgaben

### Literatur

J. Weidmann: Lineare Operatoren in Hilberträumen, Teil II: Anwendungen, Teubner.  
 G. Teschl: Mathematical Methods in Quantum Mechanics, AMS.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Stochastische Prozesse

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

Modulnummer: 200450      Prüfungsnummer: 2400802

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 10      Workload (h): 300      Anteil Selbststudium (h): 232      SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und den sie begleitenden Übungen in der Lage, stochastische Prozesse im Rahmen der behandelten Modellklassen geeignet zu modellieren und das stochastische Verhalten dieser Modelle zu analysieren.

### Vorkenntnisse

Maßtheorie & Stochastik

### Inhalt

Grundlagen, Poisson-Prozess, Gaußsche Prozesse, Martingale, Markovprozesse, Brownsche Bewegung

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Durrett, R. (1996). Probability: Theory and Examples, 2nd edn, Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA.  
 Klenke, A. (2006). Wahrscheinlichkeitstheorie, 3rd edn, Springer, Berlin.  
 Kallenberg, O. (2002). Foundations of Modern Probability, 2nd edn, Springer, New York.  
 Durrett, R. (1999). Essentials of Stochastic Processes, Springer, New York.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Mathematik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Zeitreihenanalyse

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200452

Prüfungsnummer: 2400804

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2412							
SWS nach Fach- semester	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
		2 1 0								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und den sie begleitenden Übungen in der Lage, Zeitreihendaten im Rahmen der behandelten Modellklassen zu modellieren, zu analysieren und vorherzusagen.

### Vorkenntnisse

Maßtheorie & Stochastik oder Stochastik, besser Stochastische Prozesse

### Inhalt

Stationäre Prozesse und ihre Vorhersage, Schätzung von Erwartungswert und Kovarianz, ARMA-Prozesse, Spektralanalyse, Zustandsraummodelle und Kalman-Filter, Finanzzeitreihen

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Brockwell, P. J. and Davis, R. A. (2006). Time Series: Theory and Methods, 2nd edn, Springer-Verlag, New York.

Hannan, E. J. (1983). Time Series Analysis, Chapman and Hall International, London.

Durbin, J. and Koopman, S. J. (2001). Time Series Analysis by State Space Methods, Oxford University Press, Oxford.

Franke, J., Härdle, W. and Hafner, C. M. (2004). Statistics of Financial Markets, Springer-Verlag, Berlin.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

Master Informatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Modellprädiktive Regelung

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

Modulnummer: 200416

Prüfungsnummer: 2400768

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2413							
SWS nach Fach- semester	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
	2 1 0									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der modellprädiktiven Regelung. Sie besitzen die Fähigkeit, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden. Sie können konkrete Anwendungsbeispiele analysieren. Sie wissen, wie modellprädiktive Verfahren rechentechnisch realisiert werden können.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse Analysis und lineare Algebra

### Inhalt

Optimierungsbasierte Verfahren der mathematischen Systemtheorie, insbesondere Verfahren der modellprädiktiven Regelung, mit dem Ziel eine Zustandsrückführung für zeitdiskrete (oder zeitkontinuierliche) Systeme mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen unter Berücksichtigung von Steuer- und Zustandsbeschränkungen zu entwerfen: dynamische Programmierung, (relaxierte) Lyapunov-Ungleichung, asymptotische Stabilität und rekursive Zulässigkeit, Zeitdiskrete und zeitkontinuierliche Systemdynamik.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Lars Grüne und Jürgen Pannek: Model Predictive Control - Theory and Algorithms, Springer: Communications and Control Engineering, 2. Auflage, 2017.

Basil Kouvaritakis and M. Cannon: Model Predictive Control - Classical, Robust and Stochastic, Springer: Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, 1. Auflage, 2016.

James B. Rawlings, David Q. Mayne und Moritz M. Diehl: Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design, Nob Hill Publishing, 2. Auflage, 2017.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Multivariate Statistik

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

Modulnummer: 200453 Prüfungsnummer: 2400805

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 10 Workload (h): 300 Anteil Selbststudium (h): 232 SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS				
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S
4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, erhobene Daten im Rahmen eines geeigneten statistischen Modells zu analysieren und sind ebenso in der Lage z. B. das Modell der linearen Regression, und die Qualität dieser Modellierung kritisch zu prüfen.

### Vorkenntnisse

Maßtheorie & Stochastik oder Stochastik

### Inhalt

Kovarianzanalyse, lineare und nichtlineare Regression, gemischte Effekte, verallgemeinerte lineare Modelle, Klassifikation, funktionale Datenanalyse

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Mardia, K. V., Kent, J. T. and Bibby, J. M. (1982). Multivariate analysis, Academic Press, London.  
 Rao, C. R., Toutenburg, H., Shalabh and Heumann, C. (2008). Linear Models and Generalizations - Least Squares and Alternatives, 3rd edn, Springer, Berlin.  
 Sengupta, D. and Jammalamadaka, S. R. (2003). Linear Models - An Integrated Approach, number 6 in Series on Multivariate Analysis, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.  
 Weisberg, S. (1980). Applied Linear Regression, John Wiley & Sons, New York.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Informatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Numerik optimaler Steuerungen

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

Modulnummer: 200418      Prüfungsnummer: 2400770

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2413

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen nach der Vorlesung Kenntnisse der grundlegenden Begriffe und Konzepte der Numerik optimaler Steuerungen. Sie können nach den Übungen entsprechende Verfahren auf Spezialfälle sowie das numerische Lösen von Anwendungsproblemen am Rechner anwenden.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

Numerische Verfahren zur Lösung optimaler Steuerungsprobleme: Diskretisierung, Schießverfahren, Zusammenspiel mit Differentialgleichungslösern und Optimierungsverfahren.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Walter Alt, Christopher Schneider und Martin Seydenschwanz: EAGLE-STARHILFE Optimale Steuerung: Theorie und numerische Verfahren, EAGLE, 1. Auflage, 2013.  
 Matthias Gerdts: Optimal Control of ODEs and DAEs (Kapitel 5), De Gruyter: Graduate, 2012.  
 Pablo Pedregal: Optimization and Approximation (Kapitel 8), Springer: UNITEXT 108, 2017.  
 James B. Rawlings, David Q. Mayne und Moritz M. Diehl: Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design (Kapitel 8), Nob Hill Publishing, 2. Auflage, 2017.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Spieltheorie

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200443

Prüfungsnummer: 2400795

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Matthias Kriesell

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2411							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester	2 1 0									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen nach der Vorlesung vertiefte Kenntnisse der Grundbegriffe der nichtkooperativen und der Grundbegriffe der kooperativen Spieltheorie. Sie kennen den Zusammenhang zwischen den abstrakten Konzepten der Spieltheorie und interaktiven Entscheidungsproblemen aus Ökonomie und Informatik, können diesen beschreiben und erläutern. Nach den Übungen sind die Studierenden fähig, einfache konkrete Beispiele mit spieltheoretischen Methoden zu beschreiben und zu analysieren..

### Vorkenntnisse

Analysis 1/2, Stochastik, (Lineare) Optimierung

### Inhalt

Die Spieltheorie ist ein noch junger Zweig der Mathematik, die ihren Ursprung 1944 in dem Buch „The Theory of Games and Economic Behavior“ von John von Neumann und Oskar Morgenstern hat, auch wenn die Wurzeln bis ins 19. Jahrhundert zurückreichen. Die Disziplin findet unter anderem ihre Anwendung in der Ökonomie, Soziologie, Politik, Biologie sowie Informatik, und es treten spieltheoretische Problemstellungen in nahezu jedem Lebensbereich auf. Ziel der Vorlesung ist es, die Teilnehmer mit den grundlegenden Konzepten und Lösungsansätzen der Spieltheorie vertraut zu machen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der nichtkooperativen Spieltheorie, es werden jedoch auch Elemente der kooperativen Spieltheorie behandelt. Inhalt: Normalformspiele, Spiele in extensiver Form, Spiele mit unvollkommener Information, Koalitionsspiele.

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

Folien, Skript, Tafel

### Literatur

Die einschlägigen Lehrbücher von Osborne und Rubinstein, Myerson, sowie Nisan, Roughgarden, Tardos und Vazirani.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013  
 Bachelor Informatik 2021  
 Bachelor Mathematik 2021  
 Master Informatik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
 Master Technische Physik 2023



## Modul: Globale Optimierung

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200449

Prüfungsnummer: 2400801

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Gabriele Eichfelder

Leistungspunkte: 10	Workload (h): 300	Anteil Selbststudium (h): 232	SWS: 6.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2415							
SWS nach Fachsemester	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
		4 2 0								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können nach Vorlesung und Übung die Relevanz der in Grundlagenveranstaltungen der Optimierung vermittelten Kenntnisse der konvexen Optimierung für die (nichtkonvexe) Globale Optimierung, aber auch die fundamentalen Unterschiede hinsichtlich der untersuchten Problemstellungen erkennen. Durch die Vorlesung lernten sie die grundlegenden Techniken der globalen Optimierung (z.B. Relaxierungen sowie Branch&Bound-Strategien) und Hilfswerkzeuge (z.B. Intervallarithmetik) kennen und verstehen diese - einschließlich der zu Grunde liegenden mathematischen Beweise. Darüber hinaus können die aus den theoretischen Grundlagen abgeleiteten Verfahren von den Studierenden motiviert, klassifiziert und miteinander in Bezug gesetzt werden. Diese erlangten Kenntnisse wurden von den Studierenden in den Übungen angewendet. Sie können zum Beispiel weitere theoretische Resultate herleiten sowie vorgegebene konkrete globale Optimierungsprobleme und Testbeispiele bearbeiten und mit Hilfe von mathematischer Software implementieren und schließlich auch lösen. Hierbei erkennen sie verschiedene Lösungsstrategien und -ansätze, können eigenständig mathematische Umformulierungen vollziehen und die Ergebnisse analysieren sowie bewerten. Die im Rahmen dieser Vorlesung erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten bilden somit den Grundstein für eine weitere Beschäftigung im Rahmen von Abschlussarbeiten oder auch Forschungsprojekten im besagten Forschungsgebiet. Weiterhin sind die Studierenden mit den erworbenen Kompetenzen in die Lage versetzt, im weiteren Verlauf ihrer beruflichen Praxis Lösungsansätze und -strategien für dort auftretende Globale Optimierungsprobleme, gegebenenfalls auch im Team zusammen mit Spezialisten anderer involvierter Fachbereiche, zu entwickeln und erfolgreich zu implementieren, sowie die erhaltenen Resultate im Berufsumfeld mit dem nötigen Fachwissen kompetent zu vertreten. Sie sind befähigt Anmerkungen zu beachten und Kritik zu würdigen.

### Vorkenntnisse

Grundvorlesung Optimierung

### Inhalt

Theorie und numerische Verfahren der kontinuierlichen nichtkonvexen Optimierung sowie der gemischt-ganzzahligen nichtlinearen Optimierung, Zusammenhänge kombinatorische und kontinuierliche Optimierung wie kopsitive Optimierung

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

Tafel, Beamer, Computer

### Literatur

Oliver Sein, Gründzüge der globalen Optimierung, Springer, 2018.

Pietro Belotti, Christian Kirches, Sven Leyffer, Jeff Linderoth, Jim Luedtke, and Ashutosh Mahajan. Mixed-Integer Nonlinear Optimization. Acta Numerica 22:1-131, 2013.

Aktuelle Arbeiten

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4724>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Kombinatorische Optimierung

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

Modulnummer: 200435 Prüfungsnummer: 2400787

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Matthias Kriesell

Leistungspunkte: 10 Workload (h): 300 Anteil Selbststudium (h): 232 SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2411

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Vorlesung können die Studierenden typische Probleme der Kombinatorischen Optimierung und Verfahren zu deren Lösung benennen, wissen dieses zusammenzufassen. Sie sind anhand der in der Vorlesung vorgestellten Beispiele für Fragen der Berechnungskomplexität sensibilisiert und sind fähig, typische Probleme hinsichtlich ihrer Berechnungskomplexität einzuordnen. Nach den Übungen können die Studierenden einerseits die o. g. Kenntnisse und Methoden zur Lösung von Beispielaufgaben anwenden, andererseits können sie kombinatorische Sachverhalte beweisen.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra I/II sowie Graphen & Algorithmen

### Inhalt

Grundlagen der Kombinatorischen Optimierung. Ausgewählte Probleme.

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

Tafel

### Literatur

Das Lehrbuch von Korte/Vygen

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Variationsrechnung und optimale Steuerung

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

Modulnummer: 200415      Prüfungsnummer: 2400767

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 10      Workload (h): 300      Anteil Selbststudium (h): 232      SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2413

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung grundlegende Begriffe, Resultate und Beweisideen der Variationsrechnung und der Theorie der optimalen Steuerung. Insbesondere beherrschen sie das Bang-Bang-Prinzip und kennen das Maximumprinzip. Sie sind nach den Übungen fähig, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden.

Zudem kennen die Studentinnen und Studenten Querbezüge zur (nichtlinearen) Optimierung.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis und linearen Algebra sowie die Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen

### Inhalt

Variationsprobleme und deren analytische Lösung mit Hilfe der Euler-Lagrange-Gleichung sowie ggf. der Weierstrass-Erdmannschen Eckenbedingung und die notwendige Bedingung von Legendre. Modellierung und Formulierung optimaler Steuerungsprobleme (insbesondere Zeitoptimalität). Charakterisierung der zulässigen Menge für lineare autonome Differentialgleichungssysteme (insbesondere Bang-Bang-Prinzip) und Maximumprinzip sowie dessen Anwendung.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Hansjörg Kielhöfer: Variationsrechnung - Eine Einführung in die Theorie einer unabhängigen Variablen mit Beispielen und Aufgaben, Vieweg+Teubner: Studium, 1. Auflage, 2010.

Jack Macki und Aaron Strauss: Introduction to Optimal Control Theory, Springer: Undergraduate Texts in Mathematics, 1982.

Heinz Schättler und Urszula Ledzewicz: Geometric Optimal Control - Theory, Methods and Examples, Springer: Interdisciplinary Applied Mathematics 38, 1. Auflage, 2012.

Suresh P. Sethi: Optimal Control Theory - Applications to Management Science and Economics, Springer, 3. Auflage, 2019.

John L. Troutman: Variational Calculus and Optimal Control - Optimization with Elementary Convexity, Springer: Undergraduate Texts in Mathematics, 2. Auflage, 1996.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Vektoroptimierung

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

Modulnummer: 200447 Prüfungsnummer: 2400799

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Gabriele Eichfelder

Leistungspunkte: 10 Workload (h): 300 Anteil Selbststudium (h): 232 SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2415

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden erkannten in der Vorlesung und Übung die grundlegenden Unterschiede und die sich daraus ableitenden zusätzlichen Herausforderungen der hier betrachteten Problemstellungen bezüglich der Dimension des Bildraumes und der zugrundeliegenden Halbordnungen im Vergleich zu den üblicherweise in Grundlagenvorlesungen der Optimierung untersuchten Optimierungsproblemen. Jedoch ist ihnen auch bewusst, dass sich diese neuen Problemstellungen unter geeigneten Bedingungen durch gewisse Techniken (Skalarisierungen) auf die bisher betrachteten und bekannten zurückführen lassen. Durch die Vorlesung beherrschen sie die grundlegenden Begriffe und Methoden sowie die fundamentalen Resultate (einschließlich Beweisideen) der Vektor- und Mengenoptimierung. Weiterhin können die verschiedenen Resultate durch die Studierenden klassifiziert und miteinander hinsichtlich ihrer Bedeutung (etwa lineare und nichtlineare Skalarisierungen) kategorisiert werden. Basierend hierauf sind sie in der Lage, die aus den theoretischen Grundlagen abgeleiteten und vorgestellten Verfahren zu verstehen und ihre Besonderheiten zu erfassen. Weiterhin sind sie befähigt, die allgemeinen Resultate auf (praktisch) relevante Spezialfälle anzuwenden und somit die allgemeinen Resultate der Vektoroptimierung zum Lösen konkreter Praxisprobleme anzuwenden. Diese Erkenntnisse wurden in den Übungen von den Studierenden angewendet, um weitere mathematische Resultate aus dem Bereich der Vektor- und Mengenoptimierung zu erhalten sowie die Arbeitsweise der behandelten Verfahren durch mathematische Software bei vorgegebenen Testinstanzen oder praktischen Anwendungsproblemen vergleichend zu untersuchen und die erhaltenen Ergebnisse zu analysieren. Somit gelingt es ihnen nun unter anderem die Existenz von alternativen Lösungsstrategien zu erkennen bzw. das mögliche Versagen von behandelten Ansätzen und damit deren Grenzen abzuschätzen. Sie können durch die Übungen Anmerkungen beachten und Kritik würdigen. Die im Rahmen dieser Veranstaltung erlangten Kenntnisse befähigen die Studierenden zur einer tieferehenden Beschäftigung mit Fragestellungen der Vektor- und Mengenoptimierung, etwa im Rahmen von Abschlussarbeiten oder Forschungsprojekten. Durch die hohe praktische Relevanz der untersuchten Problemstellungen sind sie darüberhinaus in die Lage versetzt, in ihrer beruflichen Praxis multikriterielle Problemstellungen gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit Spezialisten anderer Fachrichtungen zu lokalisieren sowie Lösungsansätze und -strategien für die daraus resultierenden multikriteriellen Optimierungsprobleme zu entwickeln und erfolgreich umzusetzen.

### Vorkenntnisse

Grundvorlesung Optimierung

### Inhalt

Optimierungsprobleme mit vektorwertiger oder mengenwertiger Zielfunktion, Optimalitätsbegriffe, Charakterisierung optimaler Lösungen mittels linearer und nichtlinearer Skalarisierungen, Optimalitätsbedingungen, Numerische Verfahren, Anwendungen, Spezialfall multikriterielle Optimierung, Behandlung von Unsicherheiten mittels robuster Zugänge

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

Tafel, Beamer, Computer

### Literatur

M. Ehrgott, Multicriteria Optimization 2nd Edition (Springer, Berlin, 2005).  
 G. Eichfelder, Adaptive Scalarization Methods in Multiobjective Optimization (Springer, Berlin, 2008).  
 J. Jahn, Vector Optimization: Theory, Applications, and Extensions, 2nd Edition (Springer, Berlin, 2010).

### Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4302>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Angewandte Wärmeübertragung

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

Modulnummer: 200278      Prüfungsnummer: 2300732

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Christian Cierpka

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Maschinenbau      Fachgebiet: 2346

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Lehrveranstaltung Angewandte Wärmeübertragung gab den Studierenden nach dem Erwerb von Grundkenntnissen in den Lehrveranstaltungen Technische Thermodynamik 1 und Strömungsmechanik 1 tiefere Einblicke in das ingenieurtechnische Grundlagenfach der Wärmeübertragung. Als Lernergebnisse erkennen die Studierenden die fundamentalen physikalischen Mechanismen der Wärmeübertragung in Form von Wärmeleitung, Wärmekonvektion und Wärmestrahlung und verstehen die grundlegende wissenschaftliche Vorgehensweise zur Berechnung der dadurch übertragenen Wärmeströme. Sie können folgern, dass die Methodik des Wärmewiderstands, die Methodik des thermischen Ersatzschaltbilds und die Methodik der systematischen Kennzahlenbildung von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche ingenieustechnische Analyse von gekoppelten Wärmeübertragungsproblemen sind. Die Studierenden sind in der Lage, diese Methodik gezielt zur Lösung von ausgesuchten Problemstellungen der Ingenieurtechnik anzuwenden. Die Studierenden können dabei fachspezifische mathematische Methoden benutzen, um instationäre Wärmetransportvorgänge zu analysieren und zu bewerten sowie die Gesetzmäßigkeiten der Wärmeübertragung bei freier und erzwungener Konvektion zu untersuchen und zu interpretieren. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage, die Wärmeübertragung bei Phasenwechsel (Verdampfung und Kondensation) zuzuordnen. Nach der wöchentlichen Übung können die Studierenden eigenständig und in der Gruppe komplexe anwendungsorientierte Aufgaben lösen, die erzielten Ergebnisse interpretieren und diese auf physikalische Plausibilität durch methodische Entwicklung von geeigneten Lösungsansätzen und Bewertung der den Lösungsansätzen zugrunde liegenden physikalischen Annahmen prüfen. Die Studierenden haben zudem ein tiefes Verständnis in den theoretischen und mathematischen Grundlagen und sind bei erfolgreicher Teilnahme hierdurch an die Anforderungen an ein eventuelles anschließendes Promotionsstudium vorbereitet. Hierdurch entwickelten die Studierenden nicht nur Fachkompetenz, sondern auch Kompetenzen in den Feldern wissenschaftliches Arbeiten und wissenschaftliche Präsentation.

### Vorkenntnisse

Technische Thermodynamik 1 / Strömungsmechanik 1

### Inhalt

Die Inhalte orientieren sich an Forschungsprojekten des Fachgebiets Technische Thermodynamik und umfassen die Punkte:

- Mechanismen der Wärmeübertragung in Form von Wärmeleitung, Wärmekonvektion und Wärmestrahlung sowie die grundlegenden Gesetze zur Berechnung der Wärmeströme in Form des Fourierschen Gesetzes, des Newtonschen Kühlungsgesetzes und des Stefan-Boltzmann-Gesetzes mit Beispielen und Anwendungen.
- Analyse von stationären Wärmeleitungsprozessen mittels der Methodik der Wärmewiderstände und der Methodik des thermischen Ersatzschaltbilds sowie von instationären Wärmeleitungsprozessen mittels der Methodik der lumped capacitance method und den mathematisch/analytischen Methoden zur Lösung partieller Differentialgleichungen mit Beispielen und Anwendungen.
- Analyse von Wärmeübertragungsprozessen bei erzwungener und freier Konvektion bei laminar und turbulenter Strömung mittels der Methodik der Grenzschichttheorie mit Beispielen und Anwendungen,
- Analyse von Wärmeübertragungsprozessen bei Phasenwechsel mittels der Methodik des Behältersiedens und der Methodik der Filmkondensation mit Beispielen und Anwendungen.

Tafel, Projektor, Moodle

#### Literatur

Wärme- und Stoffübertragung, H. Baehr, K. Stephan, Springer-Verlag, Berlin (1996) Fundamentals of Heat and Mass Transfer, F. Incropera, D. DeWitt, J. Wiley & Sons, New York (2002) Freie Konvektion und Wärmeübertragung, U. Müller, P. Ehrhard, CF Müller-Verlag, Heidelberg (1999) VDI-Wärmeatlas, VDI-Verlag Düsseldorf (CD-ROM) Zusatzmaterial auf Moodle

#### Detailangaben zum Abschluss

Als Hilfsmittel für die schriftliche Prüfung dürfen die Studierenden ein selbständig erstelltes Formelblatt sowie die auf Moodle hinterlegten Arbeitsblätter in gebundener Form benutzen.

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1305>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Maschinenbau 2021  
Master Fahrzeugtechnik 2022  
Master Maschinenbau 2022  
Master Regenerative Energietechnik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Technische Physik 2023



## Modul: Strömungsmechanik 1

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

Modulnummer: 200283 Prüfungsnummer: 2300739

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Schumacher

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0																		
Fakultät für Maschinenbau		Fachgebiet: 2347																			
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS											
Fach-	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
semester	2	2	0																		

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben nach der Vorlesung einen Überblick über die Grundlagen und Konzepte der Strömungsmechanik mit Anwendungen für die Ingenieurwissenschaften. Dabei können sie auch ihre Vorkenntnisse aus der physikalischen Grundausbildung reproduzieren. Durch die Übungen sind sie befähigt, die Problemstellung in den wöchentlich empfohlenen Übungsaufgaben zu kategorisieren, mögliche Lösungswege der Übungsaufgaben zu diskutieren und haben die Fähigkeit erlangt, die Herangehensweise ihrer Mitkommilitonen zu würdigen. Sie können die in der Vorlesung vermittelten Kenntnisse und mathematischen Methoden anwenden, um die Aufgaben zu lösen, die einfache analytisch lösbare Beispiele aus der Strömungsmechanik umfassen. Mit den Übungen haben die Studierenden auch die vermittelten Vorlesungsinhalte wiederholt und vertieft.

### Vorkenntnisse

Physikalische Grundlagen und mathematische Fähigkeiten aus dem Grundstudium Ingenieurwissenschaften, z. B. Mathematik 1 bis 3 für Ingenieure

### Inhalt

Erhaltungssätze für Masse, Impuls und Energie, Hydrostatik, Dimensions- und Ähnlichkeitsanalyse, Bernoulligleichung, Impulssatz, Rohrströmung, Gasdynamik, Grenzschichttheorie

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

Tafel, Beamer Präsentation, Handouts

### Literatur

Kuhlmann, Strömungsmechanik, Pearson; Schlichting, Grenzschicht-Theorie, Springer; White, Fluid Mechanics, McGraw-Hill

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Fahrzeugtechnik 2021  
 Bachelor Maschinenbau 2021  
 Bachelor Mathematik 2021  
 Diplom Maschinenbau 2021  
 Master Mechatronik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
 Master Technische Physik 2023

## Modul: Angewandte Thermo- und Fluidodynamik

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

Modulnummer: 200281 Prüfungsnummer: 2300736

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Christian Cierpka

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Maschinenbau		Fachgebiet: 2346	

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach erfolgreichem Abschluss der Lehrveranstaltung Angewandte Thermofluidodynamik haben die Studierenden einen tieferen Einblick in zwei Spezialgebiete der Thermofluidodynamik, nämlich den Strömungen mit freier Grenzfläche (Teil 1) und den Zweiphasenströmung (Teil 2). Sie erkennen die Wichtigkeit dieser beiden Spezialgebiete für die Analyse von natürlichen und industriellen Strömungstransportprozessen. Sie verstehen die physikalische Bedeutung der neuen Begriffe und der neu auftretenden Kennzahlen. Nach erfolgreiche Teilnahme sind die Studierenden in der Lage, in der Natur auftretende und technisch relevante Problemstellungen in diesen beiden Fachbereichen ingenieurmäßig zu analysieren und beherrschen die physikalische und mathematische Modellbildung. Sie können die problemspezifischen Kennzahlen bilden und physikalisch interpretieren. Sie verwenden die mathematische Beschreibung sicher und wählen analytische Lösungsansätze gezielt aus. Sie sind ferner in der Lage die erzielten Lösungen zu diskutieren und auf ihre Plausibilität prüfen zu können. In der Vorlesung werden zudem Fachkompetenzen im Bezug zu aktuellen Forschungsprojekte des Instituts für Thermo- und Fluidodynamik vermittelt.

In der wöchentlichen Übung lösen die Studierenden eigenständig und in der Gruppe komplexe anwendungsorientierte Aufgaben. Sie sind nach Abschluss in der Lage die erzielten Ergebnisse zu interpretieren und diese auf physikalische Plausibilität durch methodische Entwicklung von geeigneten Lösungsansätzen und Bewertung der den Lösungsansätzen zugrunde liegenden physikalischen Annahmen zu überprüfen. Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse in den theoretischen und mathematischen Grundlagen und werden bei erfolgreicher Teilnahme an die Anforderungen an ein eventuelles anschließendes Promotionsstudium vorbereitet. Hierdurch entwickeln die Studierenden nicht nur Fachkompetenz, sondern auch Kompetenzen in den Feldern wissenschaftliches Arbeiten, wissenschaftliche Dokumentation und wissenschaftliche Präsentation.

### Vorkenntnisse

Strömungsmechanik höhere Ingenieursmathematik

### Inhalt

#### Inhalt

Teil 1: Blöcke 0 – 3 (Prof. Dr. Karcher)

Teil 1 untergliedert sich in vier Blöcke mit Vorlesungen (V) und zugehörigen Übungen (Ü).

Block 0: Thermodynamische Grundlagen- Hauptsätze der Thermodynamik mit Anwendungen

- Entropie und Exergie mit Anwendungen
- Gibbsche Energie und thermodynamische Potentiale mit Anwendungen

Block 1: Geothermische Anwendungen der Thermofluidodynamik

- Grundlagen der Geothermie
- Anwendung Wärmepumpenprozess
- Anwendung Auslegung von Erdwärmekollektoren
- Anwendung Stirling-Prozess

Block 2: Thermofluiddynamische Anwendungen zur Meerwasserentsalzung

- Grundlagen zum Thema Wasser
- Thermofluiddynamik von Verdunstungs- und Verdampfungsprozessen
- Beispiele zu Verdunstungs- und Verdampfungsverfahren
- Beispiele zu Membranverfahren (Umkehrosmose, Destillation, Ionenaustausch)

- Anwendung Trink- und Brauchwassergewinnung auf Passagierschiffen

### Block 3: Thermofluidodynamik von Freien Grenzflächen

- Oberflächenspannung und Kapillarität
- Messmethoden zur Bestimmung der Oberflächenspannung
- Steighöhen in Kapillaren und Tropfen- und Blasenbildung
- Einführung in die Differenzial-Geometrie
- Anwendungen der Young-Laplace-Gleichung
- Begriff der Kapillarlänge und Kapillarzeit und Kennzahlenbildung
- Einführung in die lineare Stabilitätsanalyse dynamischer Systeme
- Begriffe der Wellenmechanik
- Elektromagnetische Kontrolle von Flüssigmetallströmungen mit freier Grenzfläche

### Teil 2: Zweiphasenströmungen (PD. Dr. Boeck)

- Charakterisierung von Zweiphasenströmungen
- Strömungsformen und Strömungskarten von Flüssigkeits-Gas-Strömungen
- Druckverluste in ein- und zweiphasiger Rohrströmung
- Kelvin-Helmholtz-Instabilität
- Rayleigh-Taylor-Instabilität
- Blasenoszillation und Kavitationserscheinungen

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

Tafelanschrift, Beamer für Farbbilder und Präsentationen, E-learning über Moodle

### Literatur

#### Teil 1

- J. Zierep: Grundzüge der Strömungslehre, G. Braun Verlag, Karlsruhe  
L. D. Landau, E. M. Lifshitz, Course of Theoretical Physics Vol. 6: Fluid Mechanics, Butterworth-Heinemann  
P. A. Davison: An Introduction to Magnetohydrodynamics, Cambridge University Press  
D. Langbein: Capillary surfaces, Springer-Verlag, Heidelberg  
A. Frohn, N. Roth: Dynamics of droplets, Springer, Heidelberg

#### Teil 2

- C. E. Brennen: Fundamentals of Multiphase flow. Cambridge University Press (2005)  
R. Clift, J. R. Grace, M. E. Weber: Bubbles, drops and particles. Dover Publications (2005)  
L. Gary Leal: Advanced Transport Phenomena. Cambridge University Press (2012)  
Van P. Carey: Liquid-vapor phase change phenomena. CRC Press (2007)  
F. Mayinger: Strömung und Wärmeübertragung in Gas-Flüssigkeitsgemischen. Springer (1982)

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Diplom Maschinenbau 2017
- Diplom Maschinenbau 2021
- Master Maschinenbau 2017
- Master Maschinenbau 2022
- Master Mechatronik 2017
- Master Mechatronik 2022
- Master Regenerative Energietechnik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Technische Physik 2023

## Modul: Numerische Strömungsmechanik

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

Modulnummer: 200285 Prüfungsnummer: 2300741

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Schumacher

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Maschinenbau Fachgebiet: 2347

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung mit den Grundlagen, Methoden und Algorithmen für die numerische Lösung der strömungsmechanischen Gleichungen für technische Anwendungen vertraut. Sie können auch Vorkenntnisse aus der Strömungsmechanik 1 und zu partiellen Differentialgleichungen reproduzieren. Anhand von ein- und zweidimensionalen Modellgleichungen können sie Diskretisierungsverfahren entwickeln und deren mathematische Eigenschaften untersuchen. Darauf aufbauend sind die Studierenden in der Lage einfache Methoden zu formulieren und Algorithmen für zweidimensionale Strömungsprobleme zu vergleichen. Außerdem können sie Möglichkeiten zur Behandlung komplexer Geometrien und dreidimensionaler Strömungen skizzieren. Nach den Übungen können sie mit der kommerziellen Software Ansys/Fluent anhand von konkreten Strömungsgeometrien umgehen. Sie sind in der Lage, die Aufgabenstellung in ein Berechnungsmodell zu übertragen und das Verhalten der berechneten Strömung qualitativ anhand von Stromlinienbildern, Vektordarstellungen sowie ggf. Animationen zu analysieren. Die Studierenden sind mit moderner Technik vertraut, indem jeder Student gelernt hat, die per Beamerprojektion gezeigten Einstellungen, Bearbeitungsschritte und Ergebnisse zu beachten und am eigenen Rechner nachzuvollziehen. Die Studierenden sind abschließend darin geschult, die einfachen Algorithmen für Modellgleichungen und zweidimensionale Strömungsprobleme praktisch anhand von vorbereiteten Quellcodes in einer höheren Programmiersprache zu erproben. Am Ende der Vorlesung haben die Studierenden eine Übersicht über Standardmethoden und Algorithmen zur Diskretisierung und Lösung der strömungsmechanischen Gleichungen und kennen deren Eigenschaften und Beschränkungen. Weiterhin sind sie in der Lage, die Grundfunktionen der Software Ansys/Fluent zu nutzen.

### Vorkenntnisse

Strömungsmechanik 1

### Inhalt

Grundgleichungen, Eigenschaften und Klassifikation partieller Differentialgleichungen der Kontinuumsmechanik, Aufstellung und Analyse von Finiten Differenzenverfahren für einfache partielle Differentialgleichungen, Iterative Lösung linearer Gleichungssysteme, Finite Differenzenverfahren für zweidimensionale inkompressible Strömungen, Finite Volumenverfahren

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

Tafel, Powerpoint

### Literatur

Ferziger & Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer; Zikanov, Essential Computational Fluid Dynamics, Wiley

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1246>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Maschinenbau 2021

Master Maschinenbau 2017

Master Maschinenbau 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Strömungsmechanik 2

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

Modulnummer: 200311      Prüfungsnummer: 2300777

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Schumacher

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Maschinenbau      Fachgebiet: 2347

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben nach der Vorlesung Kenntnisse über Mechanik turbulenter Strömungen mit Anwendungen in Natur und Technik. Dabei können sie auch ihre Vorkenntnisse aus der Strömungsmechanik 1 reproduzieren. Durch die Übungen sind sie befähigt, die Problemstellung in den wöchentlich gestellten Übungsaufgaben zu kategorisieren, mögliche Lösungswege der Übungsaufgaben zu diskutieren und haben die Fähigkeit erlangt, die Herangehensweise ihrer Mitkommilitonen zu würdigen. Sie können die in der Vorlesung vermittelten Kenntnisse und Methoden anwenden, um die Aufgaben zu lösen, die analytisch lösbare Beispiele aus dem Problembereich der hydrodynamischen Turbulenz umfassen. Mit den Übungen auf der Basis von wöchentlich empfohlenen Übungsaufgaben haben die Studierenden auch die vermittelten Vorlesungsinhalte gefestigt und wiederholt.

### Vorkenntnisse

Strömungsmechanik 1

### Inhalt

Wirbeltransport, Homogene isotrope Turbulenz, Korrelationen und statistische Momente turbulenter Strömungsfelder, Reynoldssche Gleichungen, Turbulente Grenzschichten und Scherströmungen, Turbulente Konvektion

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

Tafel, Beamer Präsentation, Handouts

### Literatur

Davidson, Turbulence, Cambridge University Press; Pope, Turbulent Flows, Cambridge University Press; Rotta, Turbulente Strömungen, Teubner

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Diplom Maschinenbau 2021
- Master Maschinenbau 2022
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Mechatronik 2017
- Master Mechatronik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



[Link zum Moodle-Kurs](#)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Maschinenbau 2017

Diplom Maschinenbau 2021

Master Maschinenbau 2017

Master Maschinenbau 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



## Modul: Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 1

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

Modulnummer: 200558 Prüfungsnummer: 2100900

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

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

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

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

Sie sind mit den Grundkenntnissen der Mikrorechnerprogrammierung vertraut.

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

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

### Vorkenntnisse

### Inhalt

Verteilte Versionsverwaltung mit Git

- Grundlegende Konzepte
- Einchecken, auschecken, verzweigen, mischen

Quelltextarbeit in Kleingruppen mit verteilter Versionsverwaltung

Anwendungsbeispiele

- Pulsweitenmodulation, Signalgenerator, Farbsteuerung

Mikrocontroller, DSP

- Architekturmodell (Register, Spezialregister, Stack)
- Peripherieeinheiten von Mikrocontrollern und DSPs: General Purpose Input/Output, Analog-Digital-Wandler, Digital-Analog-Wandler, Zeitgeber, Interrupts.
- Festkomma- und Gleitkommaarithmetik

Programmiersprache C mit regelmäßigen Konsultationen

- Organisation der Quelltexte
- Programmaufbau (main, Interrupt)
- Kontrollstrukturen
- Datentypen und Variablen
- Funktionen
- Zeiger
- C-Präprozessor
- Compiler
- Debugger (JTAG-Unterstützung)

- Quelltextkommentare zur Dokumentation von Programmteilen
- Peripherie mit C ansprechen

Hinweis: Die in der Veranstaltung vermittelten Fertigkeiten und Kenntnisse sind Grundlage für das im Wintersemester stattfindende, darauf aufbauende Modul "Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 2".

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form eigener Rechner wird empfohlen, Arbeit im Selbstlernraum

#### Literatur

Kernighan, Ritchie: Programmieren in C  
Wolf: C von A bis Z

#### Detailangaben zum Abschluss

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=3968>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Fahrzeugtechnik 2022  
Master Mechatronik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Leistungselektronik 1 - Grundlagen

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

Modulnummer: 200554      Prüfungsnummer: 2100896

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

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

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	1																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen grundlegende physikalische Prinzipien der Leistungshalbleiter und ihre Anwendung in leistungselektronischen Schaltungen. Sie verstehen den grundsätzlichen Aufbau von Stromrichterschaltungen, die Beanspruchung leistungselektronischer Bauelemente während der Kommutierung und die wichtigsten Steuerprinzipien leistungselektronischer Schaltungen. Sie sind nach dem Praktikum in der Lage leistungselektronische Schaltungen in ihrem statischen und dynamischen Verhalten und in der Einbindung in einfache Regelkreise zu verstehen und zu dimensionieren.

### Vorkenntnisse

Grundlagen des ingenieurwissenschaftlichen Studiums

### Inhalt

#### Einführung

- Abgrenzung des Fachgebiets
- Grundprinzip leistungselektronischer Schaltungen

#### Leistungselektronische Bauelemente

- Dioden (als Schalter, Solarzellen und -module)
- Thyristoren
- aktiv ein- und ausschaltbare Bauelemente (MOSFET, IGBT)
- Aufbau, Verlustmodelle, Schaltverhalten

#### DC-DC-Steller

- Grundsaltungen
- Modellbildung (geschaltete und gemittelte Modelle)
- Ruhelagen gemittelter Modelle
- Grundlagen der Modulation
- Entwurf einer Steuerung
- Stromregelung durch Vorgabe einer Fehlerdynamik

#### Ein- und dreiphasiger spannungsgeführter Stromrichter am Netz

- Modellbildung, Wahl geeigneter Koordinaten
- Grundlagen der Modulation
- Stromregelung
- Einführung in Methoden zur optimalen Ausnutzung des Stellbereichs
- Anwendungsbeispiele (aktiver Gleichrichter, aktives Filter)

## Ein- und dreiphasige Thyristorstromrichter am Netz

- Stellgesetze für verschiedene Lasten

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form  
Foliensatz zur Vorlesung, GNU Octave/MATLAB

Literatur

wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

Leistungselektronik 1 (tu-ilmenau.de)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Fahrzeugtechnik 2022  
Master Regenerative Energietechnik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 2

Modulabschluss: Prüfungsleistung alternativ

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200557

Prüfungsnummer: 2100899

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0																			
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2161																			
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS												
Fach-	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	
semester																						
			2	2	1																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen in der Lage, Mikrorechner und Signalprozessoren für Steuerungen und leistungselektronische Baugruppen auszuwählen, zu programmieren und auch praktisch in Betrieb zu setzen. Sie können geeignete Prozessoren und die geeigneten Softwaretools auswählen. Sie sind in der Lage, die erforderlichen Schnittstellen zu den Prozessen und für die Kommunikation festzulegen und umzusetzen. Sie sind befähigt, die für die Applikation erforderlichen Verfahren und Algorithmen in Assemblersprache oder in C-Sprache umzusetzen und zu testen. Sie können verschiedene Entwicklungswerkzeuge zur Softwareentwicklung für Mikrocontroller parametrieren und anwenden.

### Vorkenntnisse

- Grundlagen der Leistungselektronik
- Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 1 (oder vergleichbar, d.h. Umgang mit Git, Erfahrungen in der Programmierung von Mikrorechnern)

### Inhalt

In der Veranstaltung wird ein Softwareentwicklungsprojekt in der Kleingruppe bearbeitet. Das Projekt hat zum Ziel, Algorithmen in einen digitalen Signalprozessor zu implementieren, so dass ein zur Verfügung gestelltes leistungselektronisches System mit einem gewünschten Funktionsumfang ausgestattet wird. Dabei werden folgende Inhalte vermittelt:

- Entwurf von Inbetriebnahmestrategien und Testszenarien für komplexere leistungselektronische Systeme
- Modellbildung und Simulation
- modellgestützter Entwurf von Algorithmen
- fortgeschrittener Umgang mit Git (Git-Submodule)

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

Vorlesungsunterlagen, Arbeit im Selbstlernraum

### Literatur

wird in der Veranstaltung bekanntgegeben

### Detailangaben zum Abschluss

Softwareentwicklungsprojekt in der Kleingruppe für eine leistungselektronische Anwendung

### Link zum Moodle-Kurs

MSP2 (tu-ilmenau.de)

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
 Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
 Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
 Master Fahrzeugtechnik 2022  
 Master Mechatronik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Angewandte Wärmeübertragung

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

Modulnummer: 200278      Prüfungsnummer: 2300732

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Christian Cierpka

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Maschinenbau      Fachgebiet: 2346

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
	2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Lehrveranstaltung Angewandte Wärmeübertragung gab den Studierenden nach dem Erwerb von Grundkenntnissen in den Lehrveranstaltungen Technische Thermodynamik 1 und Strömungsmechanik 1 tiefere Einblicke in das ingenieurtechnische Grundlagenfach der Wärmeübertragung. Als Lernergebnisse erkennen die Studierenden die fundamentalen physikalischen Mechanismen der Wärmeübertragung in Form von Wärmeleitung, Wärmekonvektion und Wärmestrahlung und verstehen die grundlegende wissenschaftliche Vorgehensweise zur Berechnung der dadurch übertragenen Wärmeströme. Sie können folgern, dass die Methodik des Wärmewiderstands, die Methodik des thermischen Ersatzschaltbilds und die Methodik der systematischen Kennzahlenbildung von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche ingenieustechnische Analyse von gekoppelten Wärmeübertragungsproblemen sind. Die Studierenden sind in der Lage, diese Methodik gezielt zur Lösung von ausgesuchten Problemstellungen der Ingenieurtechnik anzuwenden. Die Studierenden können dabei fachspezifische mathematische Methoden benutzen, um instationäre Wärmetransportvorgänge zu analysieren und zu bewerten sowie die Gesetzmäßigkeiten der Wärmeübertragung bei freier und erzwungener Konvektion zu untersuchen und zu interpretieren. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage, die Wärmeübertragung bei Phasenwechsel (Verdampfung und Kondensation) zuzuordnen. Nach der wöchentlichen Übung können die Studierenden eigenständig und in der Gruppe komplexe anwendungsorientierte Aufgaben lösen, die erzielten Ergebnisse interpretieren und diese auf physikalische Plausibilität durch methodische Entwicklung von geeigneten Lösungsansätzen und Bewertung der den Lösungsansätzen zugrunde liegenden physikalischen Annahmen prüfen. Die Studierenden haben zudem ein tiefes Verständnis in den theoretischen und mathematischen Grundlagen und sind bei erfolgreicher Teilnahme hierdurch an die Anforderungen an ein eventuelles anschließendes Promotionsstudium vorbereitet. Hierdurch entwickelten die Studierenden nicht nur Fachkompetenz, sondern auch Kompetenzen in den Feldern wissenschaftliches Arbeiten und wissenschaftliche Präsentation.

### Vorkenntnisse

Technische Thermodynamik 1 / Strömungsmechanik 1

### Inhalt

Die Inhalte orientieren sich an Forschungsprojekten des Fachgebiets Technische Thermodynamik und umfassen die Punkte:

- Mechanismen der Wärmeübertragung in Form von Wärmeleitung, Wärmekonvektion und Wärmestrahlung sowie die grundlegenden Gesetze zur Berechnung der Wärmeströme in Form des Fourierschen Gesetzes, des Newtonschen Kühlungsgesetzes und des Stefan-Boltzmann-Gesetzes mit Beispielen und Anwendungen.
- Analyse von stationären Wärmeleitungsprozessen mittels der Methodik der Wärmewiderstände und der Methodik des thermischen Ersatzschaltbilds sowie von instationären Wärmeleitungsprozessen mittels der Methodik der lumped capacitance method und den mathematisch/analytischen Methoden zur Lösung partieller Differentialgleichungen mit Beispielen und Anwendungen.
- Analyse von Wärmeübertragungsprozessen bei erzwungener und freier Konvektion bei laminar und turbulenter Strömung mittels der Methodik der Grenzschichttheorie mit Beispielen und Anwendungen,
- Analyse von Wärmeübertragungsprozessen bei Phasenwechsel mittels der Methodik des Behältersiedens und der Methodik der Filmkondensation mit Beispielen und Anwendungen.

Tafel, Projektor, Moodle

#### Literatur

Wärme- und Stoffübertragung, H. Baehr, K. Stephan, Springer-Verlag, Berlin (1996) Fundamentals of Heat and Mass Transfer, F. Incropera, D. DeWitt, J. Wiley & Sons, New York (2002) Freie Konvektion und Wärmeübertragung, U. Müller, P. Ehrhard, CF Müller-Verlag, Heidelberg (1999) VDI-Wärmeatlas, VDI-Verlag Düsseldorf (CD-ROM) Zusatzmaterial auf Moodle

#### Detailangaben zum Abschluss

Als Hilfsmittel für die schriftliche Prüfung dürfen die Studierenden ein selbständig erstelltes Formelblatt sowie die auf Moodle hinterlegten Arbeitsblätter in gebundener Form benutzen.

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1305>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Maschinenbau 2021  
Master Fahrzeugtechnik 2022  
Master Maschinenbau 2022  
Master Regenerative Energietechnik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Technische Physik 2023

# Modul: Data-Driven Optimization for Machine Learning Applications

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

Modulnummer: 200135      Prüfungsnummer: 220491

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Pu Li

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2212

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	2	0																																	

## Lernergebnisse / Kompetenzen

The students know and can explain

- basic model-driven, model-driven data-augmented, and data-driven optimization
- numerical linear algebra methods for machine learning
- convexity and regularization of functions
- non-negative matrix factorization and application
- modern mathematical optimization algorithms for pattern recognition and classification
- modern mathematical optimization algorithms for neural-network-based modeling.

They can implement

- optimization algorithms for linear and nonlinear regressions
- quadratic programming methods for support vector machines
- optimization algorithms for non-negative matrix factorization, pattern recognition, and applications
- and evaluate various optimization algorithms for neural network-based modeling and applications

The students learn the theory, models, methods, and algorithms of the corresponding subjects in the lectures. In the exercises, they are activated to solve example tasks. In project tasks, they analyze, solve, and evaluate programming problems.

## Vorkenntnisse

BSc level. Basic linear algebra and computer programming skills are advantageous.

## Inhalt

1. Introduction - Motivation, Data-driven versus Model-driven approach, importance of data-driven optimization; overview of optimization problems arising in machine learning applications;
2. Preliminaries - linear algebra; convex sets convex functions; gradient, sub-gradient, hessian matrix;
3. Programming basics (Python, R, Matlab); data loading and preprocessing;
4. Unconstrained optimization for machine learning: regularization-meaning and relevance; regression problems; neural networks and back-propagation of errors; optimization methods for deep learning ;
5. Uncostrained Optimization Algorithms; 5A: First-order algorithms - gradient descent, accelerated gradient descent, stochastic gradient descent, conjugate gradient methods, coordinate descent; R and Python implementations; sub-gradient methods (optional); 5B. Second-order algorithms: The Newton Method; quasi-Newton methods; LBFGS; R and Python implementations;
6. Constrained Optimization Methods for Machine Learning - the interior point method; face-recongintion with supprot vector machine using Python, Scikit-Learn and OpenCV ;Matrix factorization methods for pattern recognition- SVD, PCA, non-negative matrix factorization (NMF); Matlab and Python Scikit-Learn implementations; Proximal-Point Algorithms: proximal gradient methods; alternating direction of multupliers (ADMM);
7. Bayesian Optimization methods for Machine Learning;
8. Optimization algorithms in Deep Learning Tools TensorFlow, Kerays, pyTorch

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

Lecture Slides, PC Pools, Machine Learning Tools and Libraries



## Literatur

Bottou, Léon; Curtis Frank E., Nocedal, Jorge: Optimization Methods for Large-Scale Machine Learning. SIAM Review, 60(2), 223-311.

Emrouznejad, Ali (ed.): Big Data Optimization: Recent developments and challenges. Volume 18, Studies in Big Data Series, Springer, 2016.

Geron, Aurelien: Hands-on machine learning with scikit-learn, Keras & TensorFlow, 2nd Ed. O'Reilly,

2019. Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron: Deep Learning. The MIT Press,

2017.

## Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Data-Driven Optimization for Machine Learning Applications mit der Prüfungsnummer 220491 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 30% (Prüfungsnummer: 2200829)
- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 70% (Prüfungsnummer: 2200830)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:  
Programmieraufgaben als Hausbeleg

## Link zum Moodle-Kurs

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Diplom Maschinenbau 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Research in Computer and Systems Engineering 2021

Master Research in Computer & Systems Engineering 2016

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Discrete Event Systems

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

Modulnummer: 200089      Prüfungsnummer: 2200751

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Yuri Shardt

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2211

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

By the end of this course, students should be able to describe and analyze important properties of discrete-event systems in the form of automata; to design simple supervisors for typical closed-loop system specifications; and to reduce the complexity of the design task, using modular and decentralized as well as hierarchical design methods. Furthermore, the students should have learnt how to develop and implement solutions that require the analysis and control of automata for real-world problems. They should have learnt to constructively take criticism and implement comments and suggestions from their instructors and fellow students.

### Vorkenntnisse

Foundational knowledge in mathematics and control theory

### Inhalt

The course will cover:

- Features of event-driven processes
- Formal languages and automata
- Automaton features
- The concept of supervisory control
- Controllability and blocking of automata
- Minimally restrictive supervisor design · Modular and decentralized approaches
- Hierarchical design procedures

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

Presentations, Course notes, and Whiteboard lectures, online according to the regulations of TU Ilmenau, Moodle

### Literatur

- C. Cassandras, S. Lafortune, Introduction to Discrete Event Systems, Springer, 2008.
- F. Puente Le?on, U. Kiencke, Ereignisdiskrete Systeme: Modellierung und Steuerung verteilter Systeme, Oldenbourg, 2013.

### Detaillangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Research in Computer and Systems Engineering 2021  
Master Research in Computer & Systems Engineering 2016  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Kognitive Robotik

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200083

Prüfungsnummer: 220453

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Horst-Michael Groß

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2233							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester	2 1 1									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach Absolvierung des Moduls "Kognitive Robotik" verfügen die Studenten über die Begrifflichkeiten und das Methodenspektrum der Kognitiven Robotik. Sie haben übergreifende Ansätze zur Konzeption und der Realisierung von Robotik-Komponenten aus der Sicht von Sensorik, Aktorik und kognitiver Informationsverarbeitung verstanden. Sie kennen Techniken der Umgebungswahrnehmung und der lokalen und globalen Navigation von Kognitiven Robotern in komplexer realer Einsatzumgebung.

Die Studierenden sind in der Lage, Fragestellungen aus dem o. g. Problembereichen zu analysieren, durch Anwendung des behandelten Methodenspektrums Lösungskonzepte für unterschiedliche Fragestellungen der Service- und Assistenzrobotik zu entwerfen und umzusetzen, sowie bestehende Lösungskonzepte zu bewerten. Vor- und Nachteile der Komponenten und Verfahren im Kontext praktischer Anwendungen sind den Studierenden bekannt. Mit den Python-Implementierungen (Teilleistung 2) verfügen die Studierenden über praktische Verfahren bei der Implementierung von Navigationsalgorithmen für die Robotik. Nach intensiven Diskussionen während der Übungen und zur Auswertung der Python-Implementierung können die Studierenden Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Pflichtmodul "Neuroinformatik und Maschinelles Lernen"

### Inhalt

Die Lehrveranstaltung vermittelt das erforderliche Methodenspektrum aus theoretischen Grundkenntnissen und praktischen Fähigkeiten zum Verständnis, zur Implementierung und zur Anwendung von Verfahren der Roboternavigation sowie zur Informations- und Wissensverarbeitung in Kognitiven Robotern. Sie vermittelt sowohl Faktenwissen, begriffliches und algorithmisches Wissen aus folgenden Themenkomplexen:

- Begriffsdefinitionen (Kognitive Robotik, Servicerobotik, Assistenzrobotik), KI-Verfahren in der Robotik, Anwendungsbeispiele und Einsatzgebiete
- Basiskomponenten Kognitiver Roboter
- Sensorik und Aktuatorik: aktive und passive / interne und externe Sensoren; Antriebskonzepte und Artikulationstechniken
- Basisoperation zur Roboternavigation:
  - Arten der Umgebungsmodellierung und -kartierung
  - Lokale Navigation und Hindernisvermeidung incl. Bewegungssteuerung (VFH, VFH+, DWA); Anbindung an die Motorsteuerung
  - Probabilistische Selbstlokalisierung (Bayes-Filter, Partikel-Filter, Monte Carlo Localization)
  - Pfadplanung (Dijkstra, A\*, E\*, Rapidly-Exploring Random Trees)
  - Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) Techniken (online SLAM, Full SLAM)
  - Steuerarchitekturen nach Art der Problemdekomposition und der Ablaufsteuerung
  - Leistungsbewertung und Benchmarking Kognitiver Roboter (Metriken und Gütemaße, Gestaltung von Funktionstests)
  - Aktuelle Entwicklungen der Service- und Assistenzrobotik mit Zuordnung der vermittelten Verfahren

Im Rahmen des Pflichtpraktikums werden die behandelten methodischen und algorithmischen Grundlagen der

Roboternavigation (Erzeugung einer Occupancy Grid Maps, Pfadplanung (Dijkstra und A\* Algorithmus), Selbstlokalisierung mittels Partikelfilter) durch die Studierenden selbst softwaretechnisch umgesetzt und im Rahmen eines vorgefertigten Python-Frameworks implementiert.

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

Präsenzvorlesung mit Powerpoint, Arbeitsblätter zur Vorlesung, Lectures on demand mit Erläuterungsvideos zu Vorlesungs-, Übungs- und Praktikumsinhalten, Übungsaufgaben, Videos, Python Apps, studentische Demo-Programme, e-Learning mittels "Jupyter Notebook", Moodle-Kurs

Literatur

- Hertzberg, J., Lingemann, K., Nüchter: A. Mobile Roboter; Springer Vieweg 2012
- Siciliano, B., Khatib: O. Springer Handbook of Robotics, Springer 2016
- Thrun, S., Burgard, W., Fox, D.: Probabilistic Robotics, MIT Press 2005
- Siegwart, R., Nourbakhsh, I. R.: Introduction to Autonomous Mobile Robots, MIT Press 2004

Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Kognitive Robotik mit der Prüfungsnummer 220453 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200739)
- alternative semesterbegleitende Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200740)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
eigenständige Python-Implementierungen von Navigationsleistungen

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4673>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biomedizinische Technik 2014  
Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Informatik 2013  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Lernen in kognitiven Systemen

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

Modulnummer: 200085      Prüfungsnummer: 220455

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Horst-Michael Groß

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2233

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Im Wahlmodul "Lernen in Kognitiven Systemen" haben die Studierenden aufbauend auf den Modulen "Neuroinformatik und Maschinelles Lernen" und "Deep Learning für Computer Vision" die konzeptionellen, methodischen und algorithmischen Grundlagen des Maschinellen Lernens zum Erwerb komplexer Verhaltensleistungen in kognitiven Systemen (Autonome Systeme, Roboter, Prozesssteuerungen, Spiele) durch Lernen aus Erfahrungen verstanden. Sie verfügen über Kenntnisse zur grundsätzlichen Herangehensweise dieser Form des Wissenserwerbs und zur Generierung von handlungsorientiertem Wissen aus Beobachtungen und Erfahrungen. Die Studierenden haben sich die wesentlichen Konzepte, Lösungsansätze sowie Modellierungs- und Implementierungstechniken beim Einsatz von Verfahren des Reinforcement Learnings und dessen Spielarten angeeignet. Sie sind in der Lage, praxisorientierte Fragestellungen aus dem o. g. Problemkreis zu analysieren, durch Anwendung des behandelten Methodenspektrums auf Fragestellungen aus den behandelten Bereichen neue Lösungskonzepte zu entwerfen und algorithmisch umzusetzen sowie bestehende Lösungen zu bewerten. Vor- und Nachteile der Komponenten und Verfahren im Kontext praktischer Anwendungen sind den Studierenden bekannt. Nach intensiven Diskussionen während der Übungen und zur Auswertung der Python-Implementierung (Teilleistung 2) können die Studierenden Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Pflichtmodul "Neuroinformatik und Maschinelles Lernen", Wahlmodul "Deep Learning für Computer Vision"

### Inhalt

Das Modul vermittelt das erforderliche Methodenspektrum aus theoretischen Grundkenntnissen und praktischen Fähigkeiten zum Verständnis, zur Implementierung und zur Anwendung neuronaler und probabilistischer Techniken des Erwerbs von Handlungswissen durch Lernen aus evaluativ bewerteten Erfahrungsbeispielen. Sie vermittelt sowohl Faktenwissen, begriffliches und algorithmisches Wissen aus folgenden Themenkomplexen:

- Begriffliche Grundlagen: Verhalten; Agent; Zweck und Bedeutung von Lernprozessen; Stability-Plasticity Dilemma; Exploration-Exploitation Dilemma
- Reinforcement Learning (RL): Grundidee des RL; General RL-Task; Schwache und starke RL-Verfahren, RL als Markov Decision Process (MDP); Basiskomponenten eines RL-Agenten; Value/Action-Value Iteration und das Bellman'sche Optimalitätsprinzip; Q-Learning, Boltzmann-Aktionsauswahl; SARSA-Learning; On-policy und off-policy Verfahren; Eligibility Traces; RL und teilweise Beobachtbarkeit; Lösungsansätze zur Behandlung von POMDP
  - Neuronale Umsetzung von RL-Agenten: Value Approximation am Beispiel TD-Gammon; NFQ-Verfahren; ADHDP-Verfahren; Grundidee von Policy Search Algorithmen
  - Deep Reinforcement Learning (DRL) als Form des End-to-End Learnings: Atari Deep RL; AlphaGo; DeepControl
- Learning Classifier Systems (LCS)
- Multi-Agenten Systeme (MAS); Motivation und Arten von Multi-Agentensystemen; Konzepte zur Koordinierung von Agenten; Koordination mittels W-Lernen
- Exemplarische Software-Implementierungen von RL-Verfahren für Navigationsaufgaben, Spiele,

## Prozesssteuerungen (Teilleistung 2)

Im Rahmen der Teilleistung 2 sollen in C++ oder Python eigene Plugins zur Anwendung des Reinforcement Learnings am Beispiel der Roboternavigation im Simulator erstellt und experimentell untersucht werden.

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

Präsenzvorlesung mit Powerpoint, Arbeitsblätter zur Vorlesung, Übungsaufgaben, Videos, Python Apps, studentische Demo-Programme, e-Learning mittels "Jupyter Notebook"

### Literatur

- Sutton, R., Barto, A. Reinforcement Learning - An Introduction. MIT Press 1998 / 2018 <http://incompleteideas.net/book/RLbook2018.pdf> )
- Alpaydin, Ethem. Maschinelles Lernen, Oldenbourg Verlag, 2008 - Bishop, Chr. Neural Networks for Patter Recognition, Oxford Press 1997

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Lernen in kognitiven Systemen mit der Prüfungsnummer 220455 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200743)
- alternative semesterbegleitende Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200744)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

eigene C++ oder Python-Implementierungen und Übungsaufgaben

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Biomedizinische Technik 2021  
Master Informatik 2013  
Master Informatik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 1

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

Modulnummer: 200558      Prüfungsnummer: 2100900

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

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

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen in der Lage, die wichtigsten Hardwarekomponenten von Steuerbaugruppen der elektrischen Energietechnik in die verschiedenen Kategorien und Prinzipien einzuordnen und zu verstehen.  
 Sie sind mit den Grundkenntnissen der Mikrorechnerprogrammierung vertraut.  
 Sie können grundlegende Softwaretools für gewünschte Anwendungen auswählen, in der Praxis modifizieren und in Betrieb nehmen.  
 Sie sind befähigt, einfache Anwendungsbeispiele von Steuer- und Regelverfahren analog und digital umzusetzen.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

Verteilte Versionsverwaltung mit Git

- Grundlegende Konzepte
- Einchecken, auschecken, verzweigen, mischen

Quelltextarbeit in Kleingruppen mit verteilter Versionsverwaltung

Anwendungsbeispiele

- Pulsweitenmodulation, Signalgenerator, Farbsteuerung

Mikrocontroller, DSP

- Architekturmodell (Register, Spezialregister, Stack)
- Peripherieeinheiten von Mikrocontrollern und DSPs: General Purpose Input/Output, Analog-Digital-Wandler, Digital-Analog-Wandler, Zeitgeber, Interrupts.
- Festkomma- und Gleitkommaarithmetik

Programmiersprache C mit regelmäßigen Konsultationen

- Organisation der Quelltexte
- Programmaufbau (main, Interrupt)
- Kontrollstrukturen
- Datentypen und Variablen
- Funktionen
- Zeiger
- C-Präprozessor
- Compiler
- Debugger (JTAG-Unterstützung)



- Quelltextkommentare zur Dokumentation von Programmteilen
- Peripherie mit C ansprechen

Hinweis: Die in der Veranstaltung vermittelten Fertigkeiten und Kenntnisse sind Grundlage für das im Wintersemester stattfindende, darauf aufbauende Modul "Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 2".

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form eigener Rechner wird empfohlen, Arbeit im Selbstlernraum

#### Literatur

Kernighan, Ritchie: Programmieren in C

Wolf: C von A bis Z

#### Detailangaben zum Abschluss

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=3968>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung EET

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Fahrzeugtechnik 2022

Master Mechatronik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Modellprädiktive Regelung

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

Modulnummer: 200416 Prüfungsnummer: 2400768

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2413

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der modellprädiktiven Regelung. Sie besitzen die Fähigkeit, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden. Sie können konkrete Anwendungsbeispiele analysieren. Sie wissen, wie modellprädiktive Verfahren rechenstechnisch realisiert werden können.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse Analysis und lineare Algebra

### Inhalt

Optimierungsbasierte Verfahren der mathematischen Systemtheorie, insbesondere Verfahren der modellprädiktiven Regelung, mit dem Ziel eine Zustandsrückführung für zeitdiskrete (oder zeitkontinuierliche) Systeme mit mehreren Ein- und Ausgangsgrößen unter Berücksichtigung von Steuer- und Zustandsbeschränkungen zu entwerfen: dynamische Programmierung, (relaxierte) Lyapunov-Ungleichung, asymptotische Stabilität und rekursive Zulässigkeit, Zeitdiskrete und zeitkontinuierliche Systemdynamik.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Lars Grüne und Jürgen Pannek: Model Predictive Control - Theory and Algorithms, Springer: Communications and Control Engineering, 2. Auflage, 2017.

Basil Kouvaritakis and M. Cannon: Model Predictive Control - Classical, Robust and Stochastic, Springer: Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, 1. Auflage, 2016.

James B. Rawlings, David Q. Mayne und Moritz M. Diehl: Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design, Nob Hill Publishing, 2. Auflage, 2017.

### Detaillangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Mathematik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Multivariate Statistik

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

Modulnummer: 200453 Prüfungsnummer: 2400805

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 10 Workload (h): 300 Anteil Selbststudium (h): 232 SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS				
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S
4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, erhobene Daten im Rahmen eines geeigneten statistischen Modells zu analysieren und sind ebenso in der Lage z. B. das Modell der linearen Regression, und die Qualität dieser Modellierung kritisch zu prüfen.

### Vorkenntnisse

Maßtheorie & Stochastik oder Stochastik

### Inhalt

Kovarianzanalyse, lineare und nichtlineare Regression, gemischte Effekte, verallgemeinerte lineare Modelle, Klassifikation, funktionale Datenanalyse

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Mardia, K. V., Kent, J. T. and Bibby, J. M. (1982). Multivariate analysis, Academic Press, London.  
 Rao, C. R., Toutenburg, H., Shalabh and Heumann, C. (2008). Linear Models and Generalizations - Least Squares and Alternatives, 3rd edn, Springer, Berlin.  
 Sengupta, D. and Jammalamadaka, S. R. (2003). Linear Models - An Integrated Approach, number 6 in Series on Multivariate Analysis, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore.  
 Weisberg, S. (1980). Applied Linear Regression, John Wiley & Sons, New York.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Informatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Numerik optimaler Steuerungen

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

Modulnummer: 200418      Prüfungsnummer: 2400770

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2413

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen nach der Vorlesung Kenntnisse der grundlegenden Begriffe und Konzepte der Numerik optimaler Steuerungen. Sie können nach den Übungen entsprechende Verfahren auf Spezialfälle sowie das numerische Lösen von Anwendungsproblemen am Rechner anwenden.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

Numerische Verfahren zur Lösung optimaler Steuerungsprobleme: Diskretisierung, Schießverfahren, Zusammenspiel mit Differentialgleichungslösern und Optimierungsverfahren.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Walter Alt, Christopher Schneider und Martin Seydenschwanz: EAGLE-STARHILFE Optimale Steuerung: Theorie und numerische Verfahren, EAGLE, 1. Auflage, 2013.  
 Matthias Gerdts: Optimal Control of ODEs and DAEs (Kapitel 5), De Gruyter: Graduate, 2012.  
 Pablo Pedregal: Optimization and Approximation (Kapitel 8), Springer: UNITEXT 108, 2017.  
 James B. Rawlings, David Q. Mayne und Moritz M. Diehl: Model Predictive Control: Theory, Computation, and Design (Kapitel 8), Nob Hill Publishing, 2. Auflage, 2017.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Numerische Feldberechnung

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200541

Prüfungsnummer: 210492

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Hannes Töpfer

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0																								
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2117																								
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS																	
Fach-	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
semester	2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

#### Fachkompetenz:

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, naturwissenschaftliches und angewandtes Grundlagenwissen der Informationsverarbeitung in Bezug auf die Numerische Feldberechnung zu erklären sowie daraus eine systematische Dokumentation abzuleiten.

#### Methodenkompetenz:

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, Methoden der numerischen Feldberechnung anzuwenden und zur komplexen Modellbildung einzusetzen.

#### Systemkompetenz:

Studierende sind nach Abschluss in der Lage, die numerischen Verfahren in einem systematischen Überblick zusammenzufassen.

Nach Abschluss der Lehrveranstaltung verfügen sie über vertiefendes Überblickwissen und können Wissen aus thematisch angrenzenden Fachgebieten zuordnen.

#### Sozialkompetenz:

Nach dem Besuch eines rechnergestützten Seminars verfügen die Studierenden über eine prozessorientierte Vorgehensweise und können unter Zeit- und Kostengesichtspunkten die richtige Entscheidung treffen.

Nach Abschluss des Modules können die Studierenden ihre praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten in Bezug auf die Feldberechnung einschätzen und haben gelernt, teamorientiert zu handeln.

### Vorkenntnisse

Theoretische Elektrotechnik 1 und 2

### Inhalt

Mathematische und physikalische Feldmodellierung; Numerische Methoden und Algorithmen zur Berechnung elektromagnetischer Felder; Elektromagnetisches "Computer Aided Design", Preprocessing; Postprocessing (Kapazitäten, Induktivitäten, Kräfte); Software für Feldberechnungen; Lösung einfacher Feldaufgaben mit vorhandener Software Einführung in das elektromagnetische CAD zum Entwurf von elektromagnetischen Geräten; Probleme der elektromagnetischen Verträglichkeit; Kopplung elektromagnetischer Felder mit mechanischer Bewegung

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

Folien, Arbeitsblätter, computergestützte Übungen

### Literatur

[1] Binns, K.; Lawrenson, P.J.; Trowbridge, C.W.: The analytical and numerical solution of electric and magnetic fields. John Wiley & Sons, Chinchester, 1992

[2] Harrington, R.F.: Field computation by moment methods. IEEE Press, Piscataway, 1993

[3] Sadiku, M.N.O.: Numerical Techniques in Electromagnetics. CRC Press, Boca Raton, 2001

[4] Humphries, St.: Finite-element methods for electromagnetics, CRC Press, 1997

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Numerische Feldberechnung mit der Prüfungsnummer 210492 schließt mit folgenden**

**Leistungen ab:**

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 40% (Prüfungsnummer: 2100880)
- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 60% (Prüfungsnummer: 2100881)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

schriftlicher Hausbeleg mit Abschlusspräsentation, Angebot ausschließlich im Sommersemester

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Biomedizinische Technik 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Partielle Differentialgleichungen und Halbgruppen

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

Modulnummer: 200423      Prüfungsnummer: 2400775

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Carsten Trunk

Leistungspunkte: 10      Workload (h): 300      Anteil Selbststudium (h): 232      SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2419

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	4	2	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Vorlesung können die Studenten verschiedene Probleme der klassischen Mathematik aus einem allgemeineren Standpunkt betrachten, ihre grundlegenden Gesetzmäßigkeiten besser zu erkennen und das Gemeinsame aufzudecken. Sie sind befähigt, die in der Vorlesung vermittelte Theorie zur Lösung konkreter Probleme der reinen und der angewandten Mathematik zu verwenden. Nach den Übungen können die Studierenden die aus der Vorlesung bekannten Methoden selbständig zur Analyse und Lösung von konkreten Problemen anwenden. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Analysis

### Inhalt

Halbgruppenzugang zur Behandlung partieller Differentialgleichungen. Satz von Hille-Yosida, abstraktes Cauchy-Pröblem, Spektrum, Störungstheorie, ggf. Bezug zur unendlichdimensionalen Systemtheorie

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

Tafel, Folien, Skripte, Übungsaufgaben

### Literatur

K.-J. Engel, R. Nagel: One-parameter semigroups for linear evolution equations, Springer.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Spieltheorie

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

Modulnummer: 200443      Prüfungsnummer: 2400795

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Matthias Kriesell

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2411

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen nach der Vorlesung vertiefte Kenntnisse der Grundbegriffe der nichtkooperativen und der Grundbegriffe der kooperativen Spieltheorie. Sie kennen den Zusammenhang zwischen den abstrakten Konzepten der Spieltheorie und interaktiven Entscheidungsproblemen aus Ökonomie und Informatik, können diesen beschreiben und erläutern. Nach den Übungen sind die Studierenden fähig, einfache konkrete Beispiele mit spieltheoretischen Methoden zu beschreiben und zu analysieren..

### Vorkenntnisse

Analysis 1/2, Stochastik, (Lineare) Optimierung

### Inhalt

Die Spieltheorie ist ein noch junger Zweig der Mathematik, die ihren Ursprung 1944 in dem Buch „The Theory of Games and Economic Behavior“ von John von Neumann und Oskar Morgenstern hat, auch wenn die Wurzeln bis ins 19. Jahrhundert zurückreichen. Die Disziplin findet unter anderem ihre Anwendung in der Ökonomie, Soziologie, Politik, Biologie sowie Informatik, und es treten spieltheoretische Problemstellungen in nahezu jedem Lebensbereich auf. Ziel der Vorlesung ist es, die Teilnehmer mit den grundlegenden Konzepten und Lösungsansätzen der Spieltheorie vertraut zu machen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der nichtkooperativen Spieltheorie, es werden jedoch auch Elemente der kooperativen Spieltheorie behandelt. Inhalt: Normalformspiele, Spiele in extensiver Form, Spiele mit unvollkommener Information, Koalitionsspiele.

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

Folien, Skript, Tafel

### Literatur

Die einschlägigen Lehrbücher von Osborne und Rubinstein, Myerson, sowie Nisan, Roughgarden, Tardos und Vazirani.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Mathematik 2021
- Master Informatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Technische Physik 2023



## Modul: Stochastische Analysis

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

Modulnummer: 200451 Prüfungsnummer: 2400803

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen den Itô-Kalkül, können mit stochastischen Differentialgleichungen umgehen und beides für Anwendungen nutzen.

### Vorkenntnisse

Stochastische Prozesse

### Inhalt

Itô-Integral, Itô-Formel, stochastische Differentialgleichungen und ihre Anwendungen (u. a. Bewertung von Optionen)

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Klenke, A. (2006). Wahrscheinlichkeitstheorie, Springer, Berlin.

Korn, R. and Korn, E. (1999). Optionsbewertung und Portfolio-Optimierung, vieweg, Braunschweig.

McKean, H. P. (1969). Stochastic Integrals, Academic Press, New York.

Steele, J. M. (2001). Stochastic Calculus and Financial Applications, Applications of Mathematics, Springer, New York.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Mathematik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Strömungsmechanik 1

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

Modulnummer: 200283 Prüfungsnummer: 2300739

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Schumacher

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Maschinenbau Fachgebiet: 2347

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
2	2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben nach der Vorlesung einen Überblick über die Grundlagen und Konzepte der Strömungsmechanik mit Anwendungen für die Ingenieurwissenschaften. Dabei können sie auch ihre Vorkenntnisse aus der physikalischen Grundausbildung reproduzieren. Durch die Übungen sind sie befähigt, die Problemstellung in den wöchentlich empfohlenen Übungsaufgaben zu kategorisieren, mögliche Lösungswege der Übungsaufgaben zu diskutieren und haben die Fähigkeit erlangt, die Herangehensweise ihrer Mitkommilitonen zu würdigen. Sie können die in der Vorlesung vermittelten Kenntnisse und mathematischen Methoden anwenden, um die Aufgaben zu lösen, die einfache analytisch lösbare Beispiele aus der Strömungsmechanik umfassen. Mit den Übungen haben die Studierenden auch die vermittelten Vorlesungsinhalte wiederholt und vertieft.

### Vorkenntnisse

Physikalische Grundlagen und mathematische Fähigkeiten aus dem Grundstudium Ingenieurwissenschaften, z. B. Mathematik 1 bis 3 für Ingenieure

### Inhalt

Erhaltungssätze für Masse, Impuls und Energie, Hydrostatik, Dimensions- und Ähnlichkeitsanalyse, Bernoulligleichung, Impulssatz, Rohrströmung, Gasdynamik, Grenzschichttheorie

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

Tafel, Beamer Präsentation, Handouts

### Literatur

Kuhlmann, Strömungsmechanik, Pearson; Schlichting, Grenzschicht-Theorie, Springer; White, Fluid Mechanics, McGraw-Hill

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Fahrzeugtechnik 2021
- Bachelor Maschinenbau 2021
- Bachelor Mathematik 2021
- Diplom Maschinenbau 2021
- Master Mechatronik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Technische Physik 2023

## Modul: Theoretische Elektrotechnik 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 180 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200538 Prüfungsnummer: 2100877

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Hannes Töpfer

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2117

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	2	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Absolventen der Lehrveranstaltung, bestehend aus Vorlesung und dazu gehörigen Übungen:
- besitzen Kenntnisse über die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten statischer und stationärer elektromagnetischer Felder
  - sind informiert über die Lösung der Laplace- und Poisson-Differentialgleichungen im Falle konstanter Randbedingungen
  - besitzen Kenntnisse über die Integralparameter Kapazität, Widerstand und Induktivität
  - können Energie und Kräfte dieser Feldtypen berechnen
- Fachkompetenz:  
 Studierende haben naturwissenschaftliches und angewandtes Grundlagenwissen und können insbesondere das angewandte Grundlagenwissen einbinden.
- Methodenkompetenz:  
 Studierende sind in der Lage, Methoden systematisch zu trainieren  
 Sie können sich Fachwissens systematisch erschließen und es nutzen.  
 Sie beherrschen Methoden zur systematischen Behandlung von Ingenieurproblemen.
- Systemkompetenz:  
 Studierende sind zu fachübergreifendem systemorientiertem Denken befähigt, haben ihre Kreativität trainiert.
- Sozialkompetenz:  
 Studierende besitzen ein ausgeprägtes Lern- und Abstraktionsvermögen, sind flexibel bei der Lösung gestellter Aufgaben. Sie können aktiv kommunizieren, sind zur Arbeit im Team befähigt. Sie sind in der Lage, ihre Ergebnisse zu präsentieren und besitzen Durchsetzungsvermögen.

### Vorkenntnisse

Mathematik, Experimentalphysik, Allgemeine Elektrotechnik

### Inhalt

Grundlegende Gesetzmäßigkeiten elektromagnetischer Felder: Maxwellsche Gleichungen, Elektrostatisches Feld für gegebene Ladungsverteilungen: Lösung der Laplace- und Poisson-DGL, Feldprobleme mit konstanten Randbedingungen, Integralparameter, Energie und Kräfte; Stationäres elektrisches Strömungsfeld; Stationäres Magnetfeld: Vektorpotential, Biot-Savart-Gesetz

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

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3504>  
 Gedrucktes Vorlesungsskript zur Lehrveranstaltung, gedruckte Aufgabensammlung (auch im Internet verfügbar)

### Literatur

Uhlmann, F. H.: Vorlesungsskript zur Theoretischen Elektrotechnik, Teil I/TU Ilmenau  
 Lehner, G.: Elektromagnetische Feldtheorie, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2006  
 Simonyi, K.: Theoretische Elektrotechnik, 10. Aufl. Johann Ambrosius Barth, 1999  
 Henke, H.: Elektromagnetische Felder. Theorie und Anwendung, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2002  
 Wunsch, G.; Schulz, H.-G.: Elektromagnetische Felder, Verlag Technik Berlin, 1989  
 Philippow, E.: Grundlagen der Elektrotechnik, 9. Aufl., Verlag Technik, Berlin, 1992

## Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=3504>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Adaptive Regelung

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

Modulnummer: 200430 Prüfungsnummer: 2400782

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen und kennen die grundlegenden Ideen verschiedener adaptiver Regler. Die Studierenden haben durch die Vorlesung die Kompetenz typische Beweise zu analysieren und können durch die Übungen die Beweisideen zum Beweis ähnlicher Aussagen anwenden. Die Studierenden können die in der Vorlesung vorgestellten Regler hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen analysieren.

### Vorkenntnisse

Gewöhnliche Differentialgleichungen, mathematische Systemtheorie

### Inhalt

Existenz, Eindeutigkeit und Lösbarkeit nichtlinearer gewöhnlicher Differentialgleichungen. Verschiedene adaptive Regler (konventionell,  $\lambda$ - und Funnell) für skalare Systeme. Charakterisierungen von strukturellen Systemeigenschaften multivariabler Systeme: Relativgrad, Nulldynamik. Verschiedene adaptive Regler (konventionell,  $\lambda$ - und Funnell) für multivariable Systeme. Folgeregelung. Regler für Systemklassen mit höherem Relativgrad. Adaptive Identifikation von Systemen.

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

Tafel

### Literatur

keine Angabe möglich

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Adaptive und strukturvariable Regelungssysteme

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

Modulnummer: 200024      Prüfungsnummer: 220438

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2213

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	1																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls:

- Kennen die Studierenden unterschiedliche Systemklassen, die für nichtlineare und schaltende Systeme betrachtet werden
- Kennen die Studierenden verschiedene Stabilitätskonzepte für solche Systemklassen
- Kennen die Studierenden Stabilitätskriterien für die unterschiedlichen Systemklassen und können diese anwenden.
- Kennen die Studierenden unterschiedliche Verfahren zum Entwurf adaptiver und strukturvariabler Regelungen und sind in der Lage diese anzuwenden.
- Sind die Studierenden in der Lage typische Softwarewerkzeuge zur Analyse und zum Entwurf von adaptiven Regelkreisen zu verwenden (Praktikum).
  - Die Studierenden können Übungsaufgaben in Kleingruppen in Vorbereitung der Lehrveranstaltung gemeinsam lösen.
  - Die Studierenden können einfache Regelungsprobleme lösen und diese im Team am Versuchsstand implementieren.
- Die gemeinsamen Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung können im Team diskutiert, beurteilt und interpretiert werden.

Können die Studierenden adaptive und strukturvariable Regler auf gängigen Plattformen implementieren (Praktikum).

### Vorkenntnisse

Regelungstechnische Grundlagen linearer Systeme im Zustandsraum (z.B. RST 2); Grundkenntnisse nichtlinearer Systemen vorteilhaft

### Inhalt

- Lineare Systeme in Rückkopplung mit speicherfreier Nichtlinearität (Modellierung, Analyse, nichtlinearer Standardregelkreis, Lur'e System, absolute Stabilität)
  - Stabilitätskriterien im Frequenzbereich (KYP-Lemma, Passivität, Popov-Kriterium, Kreiskriterium, Harmonische Balance)
  - Stabilität schaltender Systeme
  - Strukturvariable Regelungsverfahren (Sliding-Mode Control, Gain-Scheduling)

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

Folie, Tafel

### Literatur

#### 1. Geschaltete Systeme

- Daniel Liberzon. Switching in Systems and Control. Birkhäuser, Boston, 2003.
- Mikael Johansson. Piecewise Linear Control Systems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2003.
- R. Shorten, F. Wirth, O. Mason, K. Wulff, and C. King. Stability Criteria for Switched and Hybrid Systems.

SIAM Review, 49(4):545-592, 2007 (URL) (Wissenschaftlicher Aufsatz, kein Lehrbuch. also nur für Leute, die es genau wissen wollen!)

## 2. Stabilität linearer Systeme (Stabilitätstheorie)

- W. J. Rugh. Linear System Theory. 2. Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1996.

## 3. Nichtlineare Systeme (Stabilitätstheorie und klassische Methoden im Frequenzbereich)

- Ch. Desoer, M. Vidyasagar. Feedback Systems: Input-Output Properties, Academic Press, London, 1975.
- M. Vidyasagar. Nonlinear Systems Analysis. 2. Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
- H. K. Khalil. Nonlinear Systems. 3. Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
- O. Föllinger. Nichtlineare Regelungssysteme 1. 7. Edition. Oldenbourg, München, 1993.
- O. Föllinger. Nichtlineare Regelungssysteme 2. 7. Edition. Oldenbourg, München, 1993.

## 4. Adaptive Systeme

- P. A. Ioannou, J. Sun. Robust Adaptive Control, Prentice Hall, 1996. (re-print by Dover Publications)

## 5. Sliding-Mode Control

• Y. Shtessel, C. Edwards, L. Fridman, A. Levant. Sliding Mode Control and Observation. Birkhäuser, Basel, 2013. (intro)

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Adaptive und strukturvariable Regelungssysteme mit der Prüfungsnummer 220438 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200665)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200666)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat auf 2 bestandene Versuche

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=770>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung AT

## Modul: Angewandte Thermo- und Fluidodynamik

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

Modulnummer: 200281 Prüfungsnummer: 2300736

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Christian Cierpka

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Maschinenbau			Fachgebiet: 2346

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach erfolgreichem Abschluss der Lehrveranstaltung Angewandte Thermofluidodynamik haben die Studierenden einen tieferen Einblick in zwei Spezialgebiete der Thermofluidodynamik, nämlich den Strömungen mit freier Grenzfläche (Teil 1) und den Zweiphasenströmung (Teil 2). Sie erkennen die Wichtigkeit dieser beiden Spezialgebiete für die Analyse von natürlichen und industriellen Strömungstransportprozessen. Sie verstehen die physikalische Bedeutung der neuen Begriffe und der neu auftretenden Kennzahlen. Nach erfolgreiche Teilnahme sind die Studierenden in der Lage, in der Natur auftretende und technisch relevante Problemstellungen in diesen beiden Fachbereichen ingenieurmäßig zu analysieren und beherrschen die physikalische und mathematische Modellbildung. Sie können die problemspezifischen Kennzahlen bilden und physikalisch interpretieren. Sie verwenden die mathematische Beschreibung sicher und wählen analytische Lösungsansätze gezielt aus. Sie sind ferner in der Lage die erzielten Lösungen zu diskutieren und auf ihre Plausibilität prüfen zu können. In der Vorlesung werden zudem Fachkompetenzen im Bezug zu aktuellen Forschungsprojekte des Instituts für Thermo- und Fluidodynamik vermittelt.

In der wöchentlichen Übung lösen die Studierenden eigenständig und in der Gruppe komplexe anwendungsorientierte Aufgaben. Sie sind nach Abschluss in der Lage die erzielten Ergebnisse zu interpretieren und diese auf physikalische Plausibilität durch methodische Entwicklung von geeigneten Lösungsansätzen und Bewertung der den Lösungsansätzen zugrunde liegenden physikalischen Annahmen zu überprüfen. Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse in den theoretischen und mathematischen Grundlagen und werden bei erfolgreicher Teilnahme an die Anforderungen an ein eventuelles anschließendes Promotionsstudium vorbereitet. Hierdurch entwickeln die Studierenden nicht nur Fachkompetenz, sondern auch Kompetenzen in den Feldern wissenschaftliches Arbeiten, wissenschaftliche Dokumentation und wissenschaftliche Präsentation.

### Vorkenntnisse

Strömungsmechanik höhere Ingenieursmathematik

### Inhalt

#### Inhalt

Teil 1: Blöcke 0 – 3 (Prof. Dr. Karcher)

Teil 1 untergliedert sich in vier Blöcke mit Vorlesungen (V) und zugehörigen Übungen (Ü).

Block 0: Thermodynamische Grundlagen- Hauptsätze der Thermodynamik mit Anwendungen

- Entropie und Exergie mit Anwendungen
- Gibbsche Energie und thermodynamische Potentiale mit Anwendungen

Block 1: Geothermische Anwendungen der Thermofluidodynamik

- Grundlagen der Geothermie
- Anwendung Wärmepumpenprozess
- Anwendung Auslegung von Erdwärmekollektoren
- Anwendung Stirling-Prozess

Block 2: Thermofluiddynamische Anwendungen zur Meerwasserentsalzung

- Grundlagen zum Thema Wasser
- Thermofluiddynamik von Verdunstungs- und Verdampfungsprozessen
- Beispiele zu Verdunstungs- und Verdampfungsverfahren
- Beispiele zu Membranverfahren (Umkehrosmose, Destillation, Ionenaustausch)



- Anwendung Trink- und Brauchwassergewinnung auf Passagierschiffen

### Block 3: Thermofluidodynamik von Freien Grenzflächen

- Oberflächenspannung und Kapillarität
- Messmethoden zur Bestimmung der Oberflächenspannung
- Steighöhen in Kapillaren und Tropfen- und Blasenbildung
- Einführung in die Differenzial-Geometrie
- Anwendungen der Young-Laplace-Gleichung
- Begriff der Kapillarlänge und Kapillarzeit und Kennzahlenbildung
- Einführung in die lineare Stabilitätsanalyse dynamischer Systeme
- Begriffe der Wellenmechanik
- Elektromagnetische Kontrolle von Flüssigmetallströmungen mit freier Grenzfläche

### Teil 2: Zweiphasenströmungen (PD. Dr. Boeck)

- Charakterisierung von Zweiphasenströmungen
- Strömungsformen und Strömungskarten von Flüssigkeits-Gas-Strömungen
- Druckverluste in ein- und zweiphasiger Rohrströmung
- Kelvin-Helmholtz-Instabilität
- Rayleigh-Taylor-Instabilität
- Blasenoszillation und Kavitationserscheinungen

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

Tafelanschrift, Beamer für Farbbilder und Präsentationen, E-learning über Moodle

### Literatur

#### Teil 1

- J. Zierep: Grundzüge der Strömungslehre, G. Braun Verlag, Karlsruhe  
L. D. Landau, E. M. Lifshitz, Course of Theoretical Physics Vol. 6: Fluid Mechanics, Butterworth-Heinemann  
P. A. Davison: An Introduction to Magnetohydrodynamics, Cambridge University Press  
D. Langbein: Capillary surfaces, Springer-Verlag, Heidelberg  
A. Frohn, N. Roth: Dynamics of droplets, Springer, Heidelberg

#### Teil 2

- C. E. Brennen: Fundamentals of Multiphase flow. Cambridge University Press (2005)  
R. Clift, J. R. Grace, M. E. Weber: Bubbles, drops and particles. Dover Publications (2005)  
L. Gary Leal: Advanced Transport Phenomena. Cambridge University Press (2012)  
Van P. Carey: Liquid-vapor phase change phenomena. CRC Press (2007)  
F. Mayinger: Strömung und Wärmeübertragung in Gas-Flüssigkeitsgemischen. Springer (1982)

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Diplom Maschinenbau 2017
- Diplom Maschinenbau 2021
- Master Maschinenbau 2017
- Master Maschinenbau 2022
- Master Mechatronik 2017
- Master Mechatronik 2022
- Master Regenerative Energietechnik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Technische Physik 2023

## Modul: Diagnose- und Vorhersagesysteme

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

Modulnummer: 200092      Prüfungsnummer: 2200756

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Rauschenbach

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2211

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden erkennen Zusammenhänge zu den Lehrveranstaltungen, die sich mit den Grundlagen der Modellbildung beschäftigen. Nach der Vorlesung können sie die Verfahren für die Diagnose hinsichtlich der Nutzung von statistischen Daten, linguistischen Informationen sowie von Modellen klassifizieren. Bezüglich der Eignung für die Vorhersage können die Studierenden deterministische und stochastische Modellansätze vergleichen. Nach den Übungen sind die Studierenden zur Arbeit am Computer unter Verwendung moderner Simulationssysteme, wie z.B. MATLAB/Simulink fähig. Die Studierenden sind infolge dieser Übungen in der Lage, technische Systeme hinsichtlich der Diagnosemöglichkeiten zu bewerten und eigenständig Lösungen für Diagnoseaufgaben zu erarbeiten. Sie sind weiterhin in der Lage Systeme und Zeitreihen hinsichtlich ihrer Vorhersagbarkeit zu analysieren. Sie können evaluieren, welche systemtechnischen Methoden für Vorhersagen mit unterschiedlichen Zeithorizonten geeignet sind. Durch die Kombination von Methoden der Diagnose und Vorhersage können die Studierenden Lösungsansätze für Aufgaben auf dem Gebiet der prädiktiven Diagnose generieren. Die Studierenden können in den Übungen in Gruppen arbeiten, sind fähig, die Lösungsansätze zu diskutieren und gemeinsam umzusetzen. Bei der Vorstellung der Ergebnisse haben die Gruppen gelernt, sich gegenseitige wertschätzende Rückmeldungen zu geben.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

#### Diagnose

- Auswertung von Signalen und Zuständen
- Verwendung von Systemmodellen
- Berechnung von Kennwerten
- Klassifikationsverfahren
- Modellreferenzverfahren
- Wissensbasierte Verfahren

#### Vorhersage

- Vorhersagbarkeit
- Prognoseprozess
- Primärdatenaufbereitung
- Vorhersage mit deterministischen Signalmodellen
- Vorhersage mit stochastischen Signalmodellen
- Musterbasierte Vorhersage
- Konnektionistische Verfahren zur Vorhersage

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

Skript, Video, Vorführungen, Rechnerübungen

### Literatur

Brockwell, P. J. Davis, R. A.: Introduction to Time Series and Forecasting. New York : Springer-Verlag, 1996  
 Isermann, Rolf: Überwachung und Fehlerdiagnose. VDI Verlag, 1994  
 Janacek, Gareth ; Swift, Louise: Time series: Forecasting, Simulation, Applications. New York, London, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore :Ellis Horwood, 1993

Romberg, T. [u. a.]: Signal processing for industrial diagnostics. Wiley, 1996  
Schlittgen, Rainer: Angewandte Zeitreihenanalyse. Munchen, Wien: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2001  
Schlittgen, Rainer; Streitberg, Bernd H.J.: Zeitreihenanalyse. 9. Auflage. Munchen, Wien, Oldenbourg  
Wissenschaftsverlag, 2001  
Wernstedt, Jurgen: Experimentelle Prozessanalyse. 1. Auflage. Berlin : Verlag Technik, 1989

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Funktionalanalysis

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

Modulnummer: 200414 Prüfungsnummer: 2400766

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Carsten Trunk

Leistungspunkte: 10 Workload (h): 300 Anteil Selbststudium (h): 232 SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2419

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Vorlesung können die Studenten verschiedene Probleme der klassischen Mathematik vom allgemeineren Standpunkt aus zu betrachten, ihre grundlegenden Gesetzmäßigkeiten besser zu erkennen und das Gemeinsame aufzudecken. Probleme, die ihren Lösungsmethoden ähnlich, aber ihren konkreten Inhalten nach verschieden sind, lassen sich mit der Funktionalanalysis einheitlich behandeln. Die so aufgebaute allgemeine Theorie lässt sich dann mit Erfolg zur Lösung konkreter Probleme, nicht nur der reinen, sondern auch der angewandten Mathematik heranziehen. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis, Angewandte Analysis

### Inhalt

Banach- und Hilberträume, die 5 großen Hauptsätze der Funktionalanalysis (Hahn-Banach, Banach-Steinhaus, Banach, abgeschlossenes Bild und Graph). Selbstadjungierte Operatoren und Anwendungen auf partielle Differentialgleichungen der mathematischen Physik. Spektraltheorie. Spektralsatz.

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

Tafel, Folien, Skripte, Übungsaufgaben

### Literatur

Rudin, W.: Functional Analysis. Mc-Graw-Hill, New York 1991.  
 Werner, D.: Funktionalanalysis, Springer.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200757)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200758)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat für Praktikum

Für die Praktikumsdurchführung werden die Kenntnisse aus Vorlesung und Übung benötigt.

[Link zum Moodle-Kurs](#)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Globale Optimierung

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

Modulnummer: 200449 Prüfungsnummer: 2400801

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Gabriele Eichfelder

Leistungspunkte: 10 Workload (h): 300 Anteil Selbststudium (h): 232 SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2415

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können nach Vorlesung und Übung die Relevanz der in Grundlagenveranstaltungen der Optimierung vermittelten Kenntnisse der konvexen Optimierung für die (nichtkonvexe) Globale Optimierung, aber auch die fundamentalen Unterschiede hinsichtlich der untersuchten Problemstellungen erkennen. Durch die Vorlesung lernten sie die grundlegenden Techniken der globalen Optimierung (z.B. Relaxierungen sowie Branch&Bound-Strategien) und Hilfswerkzeuge (z.B. Intervallarithmetik) kennen und verstehen diese - einschließlich der zu Grunde liegenden mathematischen Beweise. Darüber hinaus können die aus den theoretischen Grundlagen abgeleiteten Verfahren von den Studierenden motiviert, klassifiziert und miteinander in Bezug gesetzt werden. Diese erlangten Kenntnisse wurden von den Studierenden in den Übungen angewendet. Sie können zum Beispiel weitere theoretische Resultate herleiten sowie vorgegebene konkrete globale Optimierungsprobleme und Testbeispiele bearbeiten und mit Hilfe von mathematischer Software implementieren und schließlich auch lösen. Hierbei erkennen sie verschiedene Lösungsstrategien und -ansätze, können eigenständig mathematische Umformulierungen vollziehen und die Ergebnisse analysieren sowie bewerten. Die im Rahmen dieser Vorlesung erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten bilden somit den Grundstein für eine weitere Beschäftigung im Rahmen von Abschlussarbeiten oder auch Forschungsprojekten im besagten Forschungsgebiet. Weiterhin sind die Studierenden mit den erworbenen Kompetenzen in die Lage versetzt, im weiteren Verlauf ihrer beruflichen Praxis Lösungsansätze und -strategien für dort auftretende Globale Optimierungsprobleme, gegebenenfalls auch im Team zusammen mit Spezialisten anderer involvierter Fachbereiche, zu entwickeln und erfolgreich zu implementieren, sowie die erhaltenen Resultate im Berufsumfeld mit dem nötigen Fachwissen kompetent zu vertreten. Sie sind befähigt Anmerkungen zu beachten und Kritik zu würdigen.

### Vorkenntnisse

Grundvorlesung Optimierung

### Inhalt

Theorie und numerische Verfahren der kontinuierlichen nichtkonvexen Optimierung sowie der gemischt-ganzzahligen nichtlinearen Optimierung, Zusammenhänge kombinatorische und kontinuierliche Optimierung wie kopsitive Optimierung

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

Tafel, Beamer, Computer

### Literatur

Oliver Sein, Gründzüge der globalen Optimierung, Springer, 2018.  
 Pietro Belotti, Christian Kirches, Sven Leyffer, Jeff Linderoth, Jim Luedtke, and Ashutosh Mahajan. Mixed-Integer Nonlinear Optimization. Acta Numerica 22:1-131, 2013.  
 Aktuelle Arbeiten

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4724>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



## Modul: Hierarchische Steuerungssysteme

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200009

Prüfungsnummer: 220427

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Pu Li

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2212							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester		2 1 1								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können Steuerungsaufgaben für hochdimensionale Systeme analysieren und entwickeln. Sie klassifizieren Zerlegungs- und Koordinationsprinzipien. Auf der Grundlage der nichtlinearen Optimierung und des Optimalsteuerungsentwurfs sind sie in Lage, Steuerungssysteme zu zerlegen, Optimierungs- und Optimalsteuerungsprobleme zu formulieren und mittels hierarchischer Methoden zu lösen, d. h. die Steuerungen zu entwerfen. Die Studierenden beschreiben die Grundbegriffe der mehrkriteriellen Optimierung, deren Aufgabenstellung und Lösungsmethoden.

Die Studierenden haben im Praktikum Grundfertigkeiten beim Umgang mit hierarchischen Steuerungsstrukturen, Zerlegungs- und Koordinationsprinzipien für stationäre und dynamische Prozesse erworben. Sie sind in der Lage, hierarchische Steuerungsprobleme zu erarbeiten, zu implementieren, unter Verwendung vorhandener Optimierungssoftware numerisch zu lösen und die Ergebnisse zu evaluieren.

### Vorkenntnisse

Regelungs- und Systemtechnik 1 + 2, Statische Prozessoptimierung, Dynamische Prozessoptimierung

### Inhalt

Hierarchische Optimierung statischer und dynamischer Systeme: Zerlegung und Beschreibung hierarchisch strukturierter Systeme; Koordinationsmethoden für statische Mehrebenenstrukturen; Möglichkeiten des Einsatzes statischer Hierarchiemethoden;

Hierarchische Optimierung großer dynamischer Systeme; Wechselwirkungsbalance- Methode und Wechselwirkungsvorhersage- Methode für lineare und nichtlineare Systeme; Trajektorienzerlegung.

Verteilte Optimierung.

Prinzipien der mehrkriteriellen Entscheidungsfindung:

Mehrkriterieller Charakter von Entscheidungsproblemen; Steuermenge, Zielmenge, Kompromissmenge; Ein- und Mehrzieloptimierung; Verfahren zur Bestimmung der Kompromissmenge und von optimal effizienten Lösungen.

Praktikum (2 Versuche: HSS-1: Mehrebenen-Optimierung stationärer Prozesse; HSS-2: Dynamische hierarchische Optimierung)

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

Video on Demand, Moodle-Kurs, Webex-Veranstaltungen, Folien, Skripte

### Literatur

K. Reinisch. Kybernetische Grundlagen und Beschreibung kontinuierlicher Systeme. Verlag Technik. 1977

W: Findeisen. Hierarchische Steuerungssysteme. Verlag Technik. 1974

M. Papageorgiou. Optimierung, Oldenbourg Verlag. München. 2006

M. G. Singh. Dynamical hierarchical control. North Holland Publishing Company. Amsterdam. 1977

M. G. Singh, A. Titli. Systems: Decomposition optimization and control. Pergamon Press. Oxford. 1978

K. Reinisch. Hierarchische und dezentrale Steuerungssysteme. In: E. Philippow (Hrsg.). Taschenbuch Elektrotechnik. Bd. 2. Verlag Technik. 1987

J. Ester: Systemanalyse und mehrkriterielle Entscheidung. Verlag Technik. 1987

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Hierarchische Steuerungssysteme mit der Prüfungsnummer 220427 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200639)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200640)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat für Praktikum; Praktikum umfasst zwei Versuche

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Kombinatorische Optimierung

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

Modulnummer: 200435      Prüfungsnummer: 2400787

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Matthias Kriesell

Leistungspunkte: 10      Workload (h): 300      Anteil Selbststudium (h): 232      SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2411

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Vorlesung können die Studierenden typische Probleme der Kombinatorischen Optimierung und Verfahren zu deren Lösung benennen, wissen dieses zusammenzufassen. Sie sind anhand der in der Vorlesung vorgestellten Beispiele für Fragen der Berechnungskomplexität sensibilisiert und sind fähig, typische Probleme hinsichtlich ihrer Berechnungskomplexität einzuordnen. Nach den Übungen können die Studierenden einerseits die o. g. Kenntnisse und Methoden zur Lösung von Beispielaufgaben anwenden, andererseits können sie kombinatorische Sachverhalte beweisen.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra I/II sowie Graphen & Algorithmen

### Inhalt

Grundlagen der Kombinatorischen Optimierung. Ausgewählte Probleme.

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

Tafel

### Literatur

Das Lehrbuch von Korte/Vygen

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Large Networks & Random Graphs

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

Modulnummer: 200439      Prüfungsnummer: 2400791

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Yury Person

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2417

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung verschiedene Modelle zufälliger Graphen, deren Anwendungsmöglichkeiten sowie Vor- und Nachteile. Sie sind u.a. durch die Übungen in der Lage, für ein Anwendungsproblem ein passendes Modell auszuwählen, dieses methodisch zu untersuchen und Algorithmen darauf anzuwenden und zu entwickeln. Sie sind ebenso befähigt, aktuelle Forschungsarbeiten zu lesen und die Ergebnisse zu präsentieren, zu besprechen und zu reflektieren.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra 1&2, Analysis 1&2, Diskrete Stochastik, Graphen & Algorithmen

### Inhalt

Klassische Modelle zufälliger Graphen ( $G(n,p)$ ,  $G(n,m)$ ,  $G(n,d)$ ; zufällige geometrische Graphen) und deren wichtigste Eigenschaften; Schwellenwerte für monotone Eigenschaften; Modelle für komplexe Netzwerke.

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

Moodle, Folien bzw. PC Präsentationen, Tafel und Arbeitsblätter

### Literatur

- N. Alon, J. Spencer: The Probabilistic Method, 4th edition; Wiley, 2016.
  - B. Bollobás: Random Graphs, 2nd edition; Cambridge University Press, 2001.
  - A. Frieze, M. Karonski: Introduction to Random Graphs; Cambridge University Press, 2015.
  - A. Frieze, M. Karonski: Random Graphs and Networks: A First Course; Cambridge University Press, 2023.
  - S. Janson, T. Luczak, A. Rucinski: Random Graphs; Wiley, 2000.
- Aktuelle Forschungs publikationen.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Master Informatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Leistungselektronik 1 - Grundlagen

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

Modulnummer: 200554 Prüfungsnummer: 2100896

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

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

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							2	2	1																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen grundlegende physikalische Prinzipien der Leistungshalbleiter und ihre Anwendung in leistungselektronischen Schaltungen. Sie verstehen den grundsätzlichen Aufbau von Stromrichterschaltungen, die Beanspruchung leistungselektronischer Bauelemente während der Kommutierung und die wichtigsten Steuerprinzipien leistungselektronischer Schaltungen. Sie sind nach dem Praktikum in der Lage leistungselektronische Schaltungen in ihrem statischen und dynamischen Verhalten und in der Einbindung in einfache Regelkreise zu verstehen und zu dimensionieren.

### Vorkenntnisse

Grundlagen des ingenieurwissenschaftlichen Studiums

### Inhalt

#### Einführung

- Abgrenzung des Fachgebiets
- Grundprinzip leistungselektronischer Schaltungen

#### Leistungselektronische Bauelemente

- Dioden (als Schalter, Solarzellen und -module)
- Thyristoren
- aktiv ein- und ausschaltbare Bauelemente (MOSFET, IGBT)
- Aufbau, Verlustmodelle, Schaltverhalten

#### DC-DC-Steller

- Grundsaltungen
- Modellbildung (geschaltete und gemittelte Modelle)
- Ruhelagen gemittelter Modelle
- Grundlagen der Modulation
- Entwurf einer Steuerung
- Stromregelung durch Vorgabe einer Fehlerdynamik

#### Ein- und dreiphasiger spannungsgeführter Stromrichter am Netz

- Modellbildung, Wahl geeigneter Koordinaten
- Grundlagen der Modulation
- Stromregelung
- Einführung in Methoden zur optimalen Ausnutzung des Stellbereichs
- Anwendungsbeispiele (aktiver Gleichrichter, aktives Filter)

## Ein- und dreiphasige Thyristorstromrichter am Netz

- Stellgesetze für verschiedene Lasten

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form  
Foliensatz zur Vorlesung, GNU Octave/MATLAB

### Literatur

wird in der Veranstaltung bekannt gegeben

Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

Leistungselektronik 1 (tu-ilmenau.de)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Fahrzeugtechnik 2022  
Master Regenerative Energietechnik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

# Modul: Mathematische Systemtheorie unendlich dimensionaler Systeme

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

Modulnummer: 200427      Prüfungsnummer: 2400779

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können nach der Vorlesung beschreiben, wie grundlegende systemtheoretische Grundbegriffe (z. B. Stabilität) auf den unendlich dimensionalen Fall übertragen werden. Sie kennen operatortheoretische Grundkonzepte, wie z. B. stark stetiger Halbgruppen. Die Studierenden können nach den Übungen erläutern, wie diese Konzepte auf Port-Hamiltonsche Systeme Anwendung finden.

### Vorkenntnisse

Analysis, lineare Algebra, Funktionalanalysis, Grundkenntnisse der mathematischen Systemtheorie

### Inhalt

Beherrschung der grundlegenden Begriffe der unendlich dimensionalen mathematischen Systemtheorie sowie der für ihr Verständnis notwendigen operatortheoretischen Grundlagen; Fähigkeit, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden; Anwendung auf Port-Hamiltonsche Systeme.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

A. Bensoussan, G. Da Prato, M.C. Delfour und S. Mitter: Representation and Control of Infinite Dimensional Systems, Birkhäuser: Systems & Control: Foundations & Application, 2007.  
 Ruth F. Curtain und Hans Zwart: An Introduction to Infinite-Dimensional Linear Systems Theory, Springer: Texts in Applied Mathematics, 1995.  
 Birgit Jacob und Hans Zwart: Linear Port-Hamiltonian Systems on Infinite-dimensional Spaces, Birkhäuser: Operator Theory: Advances and Applications 223, 1. Auflage, 2012.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 2

Modulabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200557 Prüfungsnummer: 2100899

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2161							
SWS nach	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
Fach-	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
semester			2 2 1							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen in der Lage, Mikrorechner und Signalprozessoren für Steuerungen und leistungselektronische Baugruppen auszuwählen, zu programmieren und auch praktisch in Betrieb zu setzen. Sie können geeignete Prozessoren und die geeigneten Softwaretools auswählen. Sie sind in der Lage, die erforderlichen Schnittstellen zu den Prozessen und für die Kommunikation festzulegen und umzusetzen. Sie sind befähigt, die für die Applikation erforderlichen Verfahren und Algorithmen in Assemblersprache oder in C-Sprache umzusetzen und zu testen. Sie können verschiedene Entwicklungswerkzeuge zur Softwareentwicklung für Mikrocontroller parametrieren und anwenden.

### Vorkenntnisse

- Grundlagen der Leistungselektronik
- Mikrocontroller- und Signalprozessortechnik 1 (oder vergleichbar, d.h. Umgang mit Git, Erfahrungen in der Programmierung von Mikrorechnern)

### Inhalt

In der Veranstaltung wird ein Softwareentwicklungsprojekt in der Kleingruppe bearbeitet. Das Projekt hat zum Ziel, Algorithmen in einen digitalen Signalprozessor zu implementieren, so dass ein zur Verfügung gestelltes leistungselektronisches System mit einem gewünschten Funktionsumfang ausgestattet wird. Dabei werden folgende Inhalte vermittelt:

- Entwurf von Inbetriebnahmestrategien und Testszenarien für komplexere leistungselektronische Systeme
- Modellbildung und Simulation
- modellgestützter Entwurf von Algorithmen
- fortgeschrittener Umgang mit Git (Git-Submodule)

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

Vorlesungsunterlagen, Arbeit im Selbstlernraum

### Literatur

wird in der Veranstaltung bekanntgegeben

### Detailangaben zum Abschluss

Softwareentwicklungsprojekt in der Kleingruppe für eine leistungselektronische Anwendung

### Link zum Moodle-Kurs

MSP2 (tu-ilmenau.de)

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017
- Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021
- Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Fahrzeugtechnik 2022
- Master Mechatronik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



## Modul: Nichtlineare Regelungssysteme 2

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200023 Prüfungsnummer: 220437

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2213

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare Systemmodelle aus der Mechatronik in eine PCHD-Darstellung zu bringen.
- Die Studierenden wissen das Konzept Passivität für den Zustandsreglerentwurf einzusetzen.
- Die Studierenden beherrschen die wichtigsten Backstepping-Regelungsverfahren, können diese verallgemeinern und für Anwendungen problemorientiert anpassen.
- Die Studierenden können die Bedingungen bei der exakten Linearisierung überprüfen und das Konzept zum Entwurf von Betriebspunktregelungen einsetzen.
- Die Studierenden haben die Fähigkeit, das Konzept Flachheit beim Vorsteuerungsentwurf und bei Folgeregelungen zu nutzen.
- Die Studierenden können lokale Beobachter für nichtlineare flache Systeme entwerfen.
- Die Studierenden sind in der Lage, nichtlineare Entkopplungsregler zu berechnen.
- Die Studierenden können Übungsaufgaben in Kleingruppen in Vorbereitung der Lehrveranstaltung gemeinsam lösen.
- Die Studierenden können einfache Regelungsprobleme lösen und diese im Team am Versuchsstand implementieren.
- Die gemeinsamen Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung können im Team diskutiert, beurteilt und interpretiert werden.

### Vorkenntnisse

Regelungstechnische Grundlagen linearer Systeme im Zustandsraum (z.B. RST 2)

### Inhalt

- Dissipativität und Passivität
- Backstepping-Regelungen
- Exakte Eingangs-Zustandslinearisierung (SISO)
- Exakte Eingangs-Ausgangslinearisierung (SISO)
- Regelungsentwurf
- Folgeregelung mit Beobachter

- Exakte Linearisierung (MIMO) und Entkopplung

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

Folie, Tafel

#### Literatur

- Isidori, A., Nonlinear Control Systems, Band 1, Springer, 2001
- Khalil, H., Nonlinear Systems, Prentice Hall, 1996
- Krstic, M., Kanellakopoulos, I., Kokotovic, P., Nonlinear and Adaptive Control Design, Wiley, 1995
- Marino, R., Tomei, P., Nonlinear Control Design: Geometric, Adaptive and Robust, Prentice Hall, 1995
- Slotine, J.-J., Li, W., Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Nichtlineare Regelungssysteme 2 mit der Prüfungsnummer 220437 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200663)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200664)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Testat auf 2 bestandene Praktikumsversuche

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=772>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Electric Power and Control Systems Engineering 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung AT

## Modul: Numerik partieller Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 200417 Prüfungsnummer: 2400769

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2413

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung grundlegende Begriffe, Resultate und Beweisideen der Theorie numerischer Lösungsverfahren für elliptische Differentialgleichungen sowie deren Erweiterung auf parabolische Probleme. Sie wissen, wie diese allgemeinen Resultate auf konkrete Beispiele angewandt und auf dem Rechner umgesetzt werden. Nach den Übungen sind sie in der Lage, die aus der Vorlesung bekannten numerischen Methoden auf konkrete Beispiele mit Rechnerunterstützung anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis und linearen Algebra sowie in der Theorie und Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen.  
 Grundkenntnisse in numerischer Mathematik, insbesondere bzgl. numerischer Methoden für gewöhnliche Differentialgleichungen, lineare Algebra.

### Inhalt

Numerische Verfahren zur Lösung elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen: Finite Differenzen, Finite Elemente (z.B. Galerkin-Methode), Linienmethode. Ergänzt um die theoretischen Grundlagen wie die Variationsformulierung sowie die numerische Analyse, z.B. in Bezug auf Diskretisierungsfehler. Zudem werden Modellierungsaspekte angesprochen.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Hackbusch, Wolfgang: Theorie und Numerik elliptischer Differentialgleichungen, Springer Spektrum: Lehrbuch, 2017.  
 Stig Larsson und Vidar Thomee: Partielle Differentialgleichungen und numerische Methoden, Springer, 2005.  
 Claus-Dieter Munz und Thomas Westermann: Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen - Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch für Ingenieure, Springer, 4. Auflage, 2019.  
 Walter Zulehner: Numerische Mathematik - Eine Einführung anhand von Differentialgleichungsproblemen. Band 1: Stationäre Probleme/Band 2: Instationäre Probleme, Birkhäuser: Mathematik Kompakt, 2008/2011.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Numerische Strömungsmechanik

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

Modulnummer: 200285 Prüfungsnummer: 2300741

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Schumacher

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Maschinenbau			Fachgebiet: 2347

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS		
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
				2	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung mit den Grundlagen, Methoden und Algorithmen für die numerische Lösung der strömungsmechanischen Gleichungen für technische Anwendungen vertraut. Sie können auch Vorkenntnisse aus der Strömungsmechanik 1 und zu partiellen Differentialgleichungen reproduzieren. Anhand von ein- und zweidimensionalen Modellgleichungen können sie Diskretisierungsverfahren entwickeln und deren mathematische Eigenschaften untersuchen. Darauf aufbauend sind die Studierenden in der Lage einfache Methoden zu formulieren und Algorithmen für zweidimensionale Strömungsprobleme zu vergleichen. Außerdem können sie Möglichkeiten zur Behandlung komplexer Geometrien und dreidimensionaler Strömungen skizzieren. Nach den Übungen können sie mit der kommerziellen Software Ansys/Fluent anhand von konkreten Strömungsgeometrien umgehen. Sie sind in der Lage, die Aufgabenstellung in ein Berechnungsmodell zu übertragen und das Verhalten der berechneten Strömung qualitativ anhand von Stromlinienbildern, Vektordarstellungen sowie ggf. Animationen zu analysieren. Die Studierenden sind mit moderner Technik vertraut, indem jeder Student gelernt hat, die per Beamerprojektion gezeigten Einstellungen, Bearbeitungsschritte und Ergebnisse zu beachten und am eigenen Rechner nachzuvollziehen. Die Studierenden sind abschließend darin geschult, die einfachen Algorithmen für Modellgleichungen und zweidimensionale Strömungsprobleme praktisch anhand von vorbereiteten Quellcodes in einer höheren Programmiersprache zu erproben. Am Ende der Vorlesung haben die Studierenden eine Übersicht über Standardmethoden und Algorithmen zur Diskretisierung und Lösung der strömungsmechanischen Gleichungen und kennen deren Eigenschaften und Beschränkungen. Weiterhin sind sie in der Lage, die Grundfunktionen der Software Ansys/Fluent zu nutzen.

### Vorkenntnisse

Strömungsmechanik 1

### Inhalt

Grundgleichungen, Eigenschaften und Klassifikation partieller Differentialgleichungen der Kontinuumsmechanik, Aufstellung und Analyse von Finiten Differenzenverfahren für einfache partielle Differentialgleichungen, Iterative Lösung linearer Gleichungssysteme, Finite Differenzenverfahren für zweidimensionale inkompressible Strömungen, Finite Volumenverfahren

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

Tafel, Powerpoint

### Literatur

Ferziger & Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer; Zikanov, Essential Computational Fluid Dynamics, Wiley

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1246>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Maschinenbau 2021

Master Maschinenbau 2017

Master Maschinenbau 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Optimale Steuerung elliptischer partieller Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 201157      Prüfungsnummer: 2400881

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der optimalen Steuerung linearer elliptischer Differentialgleichungen mit quadratischem Zielfunktional, können diese beschreiben und erläutern. Sie sind nach den Übungen fähig, die allgemeinen Ergebnisse auf Spezialfälle und konkrete Anwendungsbeispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Analysis, lineare Algebra, Grundkenntnisse in der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen und der (nichtlinearen) Optimierung.

### Inhalt

Linear-quadratische elliptische Probleme: Existenz optimaler Steuerungen, notwendige Optimalitätsbedingungen; benötigte funktionalanalytische Grundlagen (in Kurzform): u.a. Sobolewräume, schwache Lösung, schwache Konvergenz, adjungierte Operatoren.

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

Tafel, Beamer

### Literatur

Fredi Tröltzsch: Optimale Steuerung partieller Differentialgleichungen - Theorie, Verfahren und Anwendungen, Springer Vieweg: Studium  
 Michael Hinze, Rene Pinnau, Michael Ulbrich, Stefan Ulbrich: Optimization with PDE constraints, Springer Dordrecht

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Optimale Steuerung parabolischer partieller Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 201158 Prüfungsnummer: 2400882

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die grundlegenden Begriffe, Resultate und Beweisideen der optimalen Steuerung parabolischer Differentialgleichungen mit quadratischem Zielfunktional, können diese beschreiben und erläutern. Sie sind nach den Übungen fähig, die allgemeinen Ergebnisse auf Spezialfälle und konkrete Anwendungsbeispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Analysis, lineare Algebra, Grundkenntnisse in der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen und der (nichtlinearen) Optimierung.

### Inhalt

Linear-quadratische elliptische Probleme: Existenz optimaler Steuerungen, hinreichende Optimalitätsbedingungen für parabolische Probleme; ggf. Behandlung von Problemen mit zustandsbeschränkten oder nichtlinearen Gleichungen. Benötigte funktionalanalytische Grundlagen (in Kurzform): u.a. Gelfand-Tripel, Bochner-Integral, adjungierte Operatoren. Anwendung an Diffusionsprobleme wie Wärmeleitung und Optionspreise im Kontext der Finanzmathematik

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

Tafel, Beamer

### Literatur

Fredi Tröltzsch: Optimale Steuerung partieller Differentialgleichungen - Theorie, Verfahren und Anwendungen, Springer Vieweg: Studium

Michael Hinze, Rene Pinnau, Michael Ulbrich, Stefan Ulbrich: Optimization with PDE constraints, Springer Dordrecht

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Port-Hamiltonsche Systeme

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

Modulnummer: 201156 Prüfungsnummer: 2400880

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die Grundlagen der port-Hamiltonschen Systeme. Sie besitzen die Fähigkeit, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden. Sie können konkrete Anwendungsbeispiele analysieren. Sie wissen, wie physikalische Systeme mittels port-Hamiltonschen Systemen modelliert werden.

### Vorkenntnisse

Grundvorlesungen in Analysis und Lineare Algebra

### Inhalt

Modellierung mit port-Hamiltonschen Systemen  
 Port-Hamiltonsche System auf Mannigfaltigkeiten  
 Dirac-Strukturen  
 Gekoppelte port-Hamiltonsche Systeme  
 port-Hamiltonsche Systeme Eingangs-Zustands-Ausgangs-Systeme  
 Steuerung und Regelung port-Hamiltonscher Systeme

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

Tafel, Beamer

### Literatur

van der Schaft, Arjan; Jeltsema, Dimitri: "Port-Hamiltonian Systems Theory: An Introductory Overview".  
 J.C. Willems, "Dissipative dynamical systems. Part I: General theory", Arch. Rat. Mech. and Analysis, 45(5): 321-351, 1972.  
 J.C. Willems, "Dissipative dynamical systems. Part II: Linear systems with quadratic supply rates", Arch. Rat. Mech. and Analysis, 45(5): 352-393, 1972.  
 J.C. Willems, "The behavioral approach to open and interconnected systems", Control Systems Magazine, 27, Dec. 2007, pp. 46-99.  
 J.C. Willems, "Terminals and ports", IEEE Circuits and Systems Magazine, 10(4):8-16, December 2010.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



## Modul: Spektraltheorie für gewöhnliche Differentialgleichungen

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

Modulnummer: 200422      Prüfungsnummer: 2400774

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Carsten Trunk

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2419

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden wissen, wie Methoden der Operatortheorie zur Analyse und Lösung der Sturm-Liouville-Differentialgleichung verwendet werden können. Nach der Vorlesung können die Studenten diese Theorie in der mathematischen Physik (Quantenmechanik) anwenden. Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse der Erweiterungstheorie symmetrischer Operatoren. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an

### Vorkenntnisse

Analysis

### Inhalt

Gegenstand der Vorlesung sind Aspekte der Theorie der Sturm-Liouville-Differentialgleichung. Dabei stehen Methoden der Operatortheorie, insbesondere der Spektraltheorie, im Vordergrund. Es werden Anwendungen der Theorie in der Quantenmechanik (insbesondere Schrödingergleichung) behandelt.

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

Tafel, Folien, Skripte, Übungsaufgaben

### Literatur

J. Weidmann: Lineare Operatoren in Hilberträumen, Teil II: Anwendungen, Teubner.  
 G. Teschl: Mathematical Methods in Quantum Mechanics, AMS.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Spezielle Themen der Systemtheorie

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

Modulnummer: 200461 Prüfungsnummer: 2400813

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Timo Reis

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2416

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung Konzepte und Methoden der Adaptiven und Modellprädiktiven Regelung. Sie besitzen Kenntnisse grundlegender Steuerungstechniken und Regler und wissen, wie diese in typischen Anwendungsfeldern eingesetzt werden. Sie sind nach den Übungen befähigt, die o. g. Kenntnisse in einfachen typischen Anwendungsbeispielen einzusetzen.

### Vorkenntnisse

Systemtheorie I

### Inhalt

Adaptive Regelung, Modellprädiktive Regelung, Lypunov-Stabilität, Modellreduktion, Nulldynamik

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

Tafel, Folien

### Literatur

keine Angabe möglich

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Stochastische Prozesse

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

Modulnummer: 200450      Prüfungsnummer: 2400802

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 10      Workload (h): 300      Anteil Selbststudium (h): 232      SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und den sie begleitenden Übungen in der Lage, stochastische Prozesse im Rahmen der behandelten Modellklassen geeignet zu modellieren und das stochastische Verhalten dieser Modelle zu analysieren.

### Vorkenntnisse

Maßtheorie & Stochastik

### Inhalt

Grundlagen, Poisson-Prozess, Gaußsche Prozesse, Martingale, Markovprozesse, Brownsche Bewegung

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Durrett, R. (1996). Probability: Theory and Examples, 2nd edn, Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA.  
 Klenke, A. (2006). Wahrscheinlichkeitstheorie, 3rd edn, Springer, Berlin.  
 Kallenberg, O. (2002). Foundations of Modern Probability, 2nd edn, Springer, New York.  
 Durrett, R. (1999). Essentials of Stochastic Processes, Springer, New York.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Mathematik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Strömungsmechanik 2

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

Modulnummer: 200311      Prüfungsnummer: 2300777

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Schumacher

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Maschinenbau      Fachgebiet: 2347

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben nach der Vorlesung Kenntnisse über Mechanik turbulenter Strömungen mit Anwendungen in Natur und Technik. Dabei können sie auch ihre Vorkenntnisse aus der Strömungsmechanik 1 reproduzieren. Durch die Übungen sind sie befähigt, die Problemstellung in den wöchentlich gestellten Übungsaufgaben zu kategorisieren, mögliche Lösungswege der Übungsaufgaben zu diskutieren und haben die Fähigkeit erlangt, die Herangehensweise ihrer Mitkommilitonen zu würdigen. Sie können die in der Vorlesung vermittelten Kenntnisse und Methoden anwenden, um die Aufgaben zu lösen, die analytisch lösbare Beispiele aus dem Problembereich der hydrodynamischen Turbulenz umfassen. Mit den Übungen auf der Basis von wöchentlich empfohlenen Übungsaufgaben haben die Studierenden auch die vermittelten Vorlesungsinhalte gefestigt und wiederholt.

### Vorkenntnisse

Strömungsmechanik 1

### Inhalt

Wirbeltransport, Homogene isotrope Turbulenz, Korrelationen und statistische Momente turbulenter Strömungsfelder, Reynoldssche Gleichungen, Turbulente Grenzschichten und Scherströmungen, Turbulente Konvektion

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

Tafel, Beamer Präsentation, Handouts

### Literatur

Davidson, Turbulence, Cambridge University Press; Pope, Turbulent Flows, Cambridge University Press; Rotta, Turbulente Strömungen, Teubner

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Diplom Maschinenbau 2021
- Master Maschinenbau 2022
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Mechatronik 2017
- Master Mechatronik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Technische Elektrodynamik

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

Modulnummer: 200536      Prüfungsnummer: 2100875

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Hannes Töpfer

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik      Fachgebiet: 2117

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

**1. Fachkompetenz:**

Nach der Veranstaltung verfügen die Studierenden über Kenntnisse zu elektrodynamischen, insbesondere relativistischen Sachverhalten und sind befähigt, die Grundgleichungen zur elektrodynamischen Feldberechnung wiederzugeben

**2. Methodenkompetenz:**

Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, Methoden zur systematischen Behandlung von elektromagnetischen Feldproblemen unter Berücksichtigung ingenieurtechnischer Aspekte zu analysieren. Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls das notwendige Fachwissen zur systematischen Erschließung der technischen Elektrodynamik selbständig ableiten.

**3. Systemkompetenz:**

Nach Abschluss des Modules können die Studierenden fachübergreifend system- und feldorientiertes Denken zielgerichtet kombinieren.

**4. Sozialkompetenz:**

Nach der Lehrveranstaltung haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand praxisnaher Beispiele gefestigt und sind in der Lage, mit Fachkollegen kompetent themenbezogen zu kommunizieren.

### Vorkenntnisse

Theoretische Elektrotechnik, physikalisches Grundverständnis

### Inhalt

- . Zeitabhängige Feldprobleme:
  - o vollständige Maxwell-Gleichungen, Wellenlösungen und charakteristische Phänomene
- . Relativistische Betrachtung der Elektrodynamik:
  - o Lorentztransformation
  - o Vierervektoren und Feldtensor
  - o Anwendung der Lorentztransformation auf Maxwell-Gleichungen
  - o Berechnungen zur relativistischen Elektrodynamik
- . Elektromagnetische Kräfte

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

Tafelanschrieb

### Literatur

[1] Sommerfeld, A. Vorlesungen zur Theoretischen Physik, Band III Elektrodynamik, Verlag Harri Deutsch

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Mechatronik 2021  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Theoretische Elektrotechnik 2

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 180 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200537 Prüfungsnummer: 2100876

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Hannes Töpfer

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2117							
SWS nach Fach- semester	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P	V S P
		2 2 0								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Absolventen der Lehrveranstaltung, bestehend aus Vorlesung und dazu gehörigen Übungen:

- besitzen Kenntnisse über quasistationäre und rasch veränderliche elektromagnetische Felder
- sind informiert über Probleme der Strom- und Feldverdrängung und
- besitzen grundsätzliche Kenntnisse über die Ausbreitung von Wellen auf Leitungen und im freien Raum

### Vorkenntnisse

Theoretische Elektrotechnik 1

### Inhalt

Quasistationäres Feld: Verallgemeinertes Induktionsgesetz, Felddiffusion: Lösung der Diffusionsgleichung, Fluss- und Stromverdrängung, Skineffekt; Geführte Wellen auf homogenen Leitungen: Leitungsgleichungen und ihre Wellenlösungen, Übertragungseigenschaften; Rasch veränderliches elektromagnetisches Feld: Wellengleichungen, ebene Wellen, Lösung der vollständigen Maxwell'schen Gleichungen: retardierte Potentiale, Wellenabstrahlung/Leistung  
 Poynting-Satz  
 Elementarstrom- und Mengentheorie des Magnetismus, Energie und Kräfte, Induktivität

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

Vorlesungsskript zur Lehrveranstaltung, Folien, Aufgabensammlung (auch im Internet verfügbar)  
<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3016>

### Literatur

Uhlmann, F. H.: Vorlesungsskripte zur Theoretischen Elektrotechnik, Teile I und II/TU Ilmenau  
 Lehner, G.: Elektromagnetische Feldtheorie, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2006  
 Simonyi, K.: Theoretische Elektrotechnik, 10. Aufl. Johann Ambrosius Barth, 1999  
 Henke, H.: Elektromagnetische Felder. Theorie und Anwendung, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 2002  
 Wunsch, G.; Schulz, H.-G.: Elektromagnetische Felder, Verlag Technik Berlin, 1989  
 Philippow, E.: Grundlagen der Elektrotechnik, 9. Aufl., Verlag Technik, Berlin, 1992

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3016>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



## Modul: Variationsrechnung und optimale Steuerung

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

Modulnummer: 200415      Prüfungsnummer: 2400767

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Karl Worthmann

Leistungspunkte: 10	Workload (h): 300	Anteil Selbststudium (h): 232	SWS: 6.0
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2413

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung grundlegende Begriffe, Resultate und Beweisideen der Variationsrechnung und der Theorie der optimalen Steuerung. Insbesondere beherrschen sie das Bang-Bang-Prinzip und kennen das Maximumprinzip. Sie sind nach den Übungen fähig, die allgemeinen Resultate auf Spezialfälle anzuwenden.

Zudem kennen die Studentinnen und Studenten Querbezüge zur (nichtlinearen) Optimierung.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis und linearen Algebra sowie die Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen

### Inhalt

Variationsprobleme und deren analytische Lösung mit Hilfe der Euler-Lagrange-Gleichung sowie ggf. der Weierstrass-Erdmannschen Eckenbedingung und die notwendige Bedingung von Legendre. Modellierung und Formulierung optimaler Steuerungsprobleme (insbesondere Zeitoptimalität). Charakterisierung der zulässigen Menge für lineare autonome Differentialgleichungssysteme (insbesondere Bang-Bang-Prinzip) und Maximumprinzip sowie dessen Anwendung.

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

Tafel, Arbeitsblätter

### Literatur

Hansjörg Kielhöfer: Variationsrechnung - Eine Einführung in die Theorie einer unabhängigen Variablen mit Beispielen und Aufgaben, Vieweg+Teubner: Studium, 1. Auflage, 2010.

Jack Macki und Aaron Strauss: Introduction to Optimal Control Theory, Springer: Undergraduate Texts in Mathematics, 1982.

Heinz Schättler und Urszula Ledzewicz: Geometric Optimal Control - Theory, Methods and Examples, Springer: Interdisciplinary Applied Mathematics 38, 1. Auflage, 2012.

Suresh P. Sethi: Optimal Control Theory - Applications to Management Science and Economics, Springer, 3. Auflage, 2019.

John L. Troutman: Variational Calculus and Optimal Control - Optimization with Elementary Convexity, Springer: Undergraduate Texts in Mathematics, 2. Auflage, 1996.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Vektoroptimierung

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

Modulnummer: 200447      Prüfungsnummer: 2400799

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Gabriele Eichfelder

Leistungspunkte: 10      Workload (h): 300      Anteil Selbststudium (h): 232      SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2415

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				4	2	0																														

Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden erkannten in der Vorlesung und Übung die grundlegenden Unterschiede und die sich daraus ableitenden zusätzlichen Herausforderungen der hier betrachteten Problemstellungen bezüglich der Dimension des Bildraumes und der zugrundeliegenden Halbdordnungen im Vergleich zu den üblicherweise in Grundlagenvorlesungen der Optimierung untersuchten Optimierungsproblemen. Jedoch ist ihnen auch bewusst, dass sich diese neuen Problemstellungen unter geeigneten Bedingungen durch gewisse Techniken (Skalarisierungen) auf die bisher betrachteten und bekannten zurückführen lassen. Durch die Vorlesung beherrschen sie die grundlegenden Begriffe und Methoden sowie die fundamentalen Resultate (einschließlich Beweisideen) der Vektor- und Mengeno Optimierung. Weiterhin können die verschiedenen Resultate durch die Studierenden klassifiziert und miteinander hinsichtlich ihrer Bedeutung (etwa lineare und nichtlineare Skalarisierungen) kategorisiert werden. Basierend hierauf sind sie in der Lage, die aus den theoretischen Grundlagen abgeleiteten und vorgestellten Verfahren zu verstehen und ihre Besonderheiten zu erfassen. Weiterhin sind sie befähigt, die allgemeinen Resultate auf (praktisch) relevante Spezialfälle anzuwenden und somit die allgemeinen Resultate der Vektoroptimierung zum Lösen konkreter Praxisprobleme anzuwenden. Diese Erkenntnisse wurden in den Übungen von den Studierenden angewendet, um weitere mathematische Resultate aus dem Bereich der Vektor- und Mengeno Optimierung zu erhalten sowie die Arbeitsweise der behandelten Verfahren durch mathematische Software bei vorgegebenen Testinstanzen oder praktischen Anwendungsproblemen vergleichend zu untersuchen und die erhaltenen Ergebnisse zu analysieren. Somit gelingt es ihnen nun unter anderem die Existenz von alternativen Lösungsstrategien zu erkennen bzw. das mögliche Versagen von behandelten Ansätzen und damit deren Grenzen abzuschätzen. Sie können durch die Übungen Anmerkungen beachten und Kritik würdigen. Die im Rahmen dieser Veranstaltung erlangten Kenntnisse befähigen die Studierenden zur einer tiefere gehenden Beschäftigung mit Fragestellungen der Vektor- und Mengeno Optimierung, etwa im Rahmen von Abschlussarbeiten oder Forschungsprojekten. Durch die hohe praktische Relevanz der untersuchten Problemstellungen sind sie darüber hinaus in die Lage versetzt, in ihrer beruflichen Praxis multikriterielle Problemstellungen gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit Spezialisten anderer Fachrichtungen zu lokalisieren sowie Lösungsansätze und -strategien für die daraus resultierenden multikriteriellen Optimierungsprobleme zu entwickeln und erfolgreich umzusetzen.

Vorkenntnisse

Grundvorlesung Optimierung

Inhalt

Optimierungsprobleme mit vektorwertiger oder mengenwertiger Zielfunktion, Optimalitätsbegriffe, Charakterisierung optimaler Lösungen mittels linearer und nichtlinearer Skalarisierungen, Optimalitätsbedingungen, Numerische Verfahren, Anwendungen, Spezialfall multikriterielle Optimierung, Behandlung von Unsicherheiten mittels robuster Zugänge

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

Tafel, Beamer, Computer

Literatur

M. Ehrgott, Multicriteria Optimization 2nd Edition (Springer, Berlin, 2005).  
 G. Eichfelder, Adaptive Scalarization Methods in Multiobjective Optimization (Springer, Berlin, 2008).  
 J. Jahn, Vector Optimization: Theory, Applications, and Extensions, 2nd Edition (Springer, Berlin, 2010).

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4302>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021



[Link zum Moodle-Kurs](#)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Maschinenbau 2017

Diplom Maschinenbau 2021

Master Maschinenbau 2017

Master Maschinenbau 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Zeitreihenanalyse

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

Modulnummer: 200452 Prüfungsnummer: 2400804

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Hotz

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2412

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS								
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und den sie begleitenden Übungen in der Lage, Zeitreihendaten im Rahmen der behandelten Modellklassen zu modellieren, zu analysieren und vorherzusagen.

### Vorkenntnisse

Maßtheorie & Stochastik oder Stochastik, besser Stochastische Prozesse

### Inhalt

Stationäre Prozesse und ihre Vorhersage, Schätzung von Erwartungswert und Kovarianz, ARMA-Prozesse, Spektralanalyse, Zustandsraummodelle und Kalman-Filter, Finanzzeitreihen

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software

### Literatur

Brockwell, P. J. and Davis, R. A. (2006). Time Series: Theory and Methods, 2nd edn, Springer-Verlag, New York.

Hannan, E. J. (1983). Time Series Analysis, Chapman and Hall International, London.

Durbin, J. and Koopman, S. J. (2001). Time Series Analysis by State Space Methods, Oxford University Press, Oxford.

Franke, J., Härdle, W. and Hafner, C. M. (2004). Statistics of Financial Markets, Springer-Verlag, Berlin.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Master Informatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Hauptseminar TKS MSc

Modulabschluss: Studienleistung alternativ

Art der Notengebung: Testat / Generierte

Sprache: Deutsch/Englisch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Modulnummer: 200732

Prüfungsnummer: 2200844

Modulverantwortlich: Silke Eberhardt-Schmidt

Leistungspunkte: 3	Workload (h): 90	Anteil Selbststudium (h): 90	SWS: 0.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2200							
SWS nach Fach- semester	1.FS	2.FS	3.FS	4.FS	5.FS	6.FS	7.FS	8.FS	9.FS	10.FS
	V   S   P	V   S   P	V   S   P	V   S   P	V   S   P	V   S   P	V   S   P	V   S   P	V   S   P	V   S   P
		90 h								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, wissenschaftlich-technische Literatur zu recherchieren und auszuwerten. Sie können ein neues, weiterführendes Verfahren oder einen Anwendungsfall eigenständig erfassen und bewerten. Sie besitzen die Fähigkeit, ein wissenschaftliches Thema schriftlich und mündlich angemessen zu präsentieren.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

Es werden aktuelle Forschungsthemen zu ausgewählten Problemen der Automatisierungstechnik, Prozessoptimierung, Regelungstechnik und Systemtheorie erarbeitet, zusammengefasst und mit dem Stand der Forschung in Beziehung gesetzt.

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

### Literatur

Die Literatur ist selbständig zu recherchieren.

### Detailangaben zum Abschluss

Selbstständige wissenschaftliche Arbeit im Umfang von 90 Stunden inkl. Abschlussvortrag und Diskussion

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Masterarbeit mit Kolloquium

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache: Deutsch/Englisch Pflichtkennz.: Pflichtmodul Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 201053 Prüfungsnummer: 99000

Fachverantwortlich: Silke Eberhardt-Schmidt

Leistungspunkte: 30 Workload (h): 900 Anteil Selbststudium (h): 900 SWS: 0.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 22

SWS nach Fach- semester	1.FS			2.FS			3.FS			4.FS			5.FS			6.FS			7.FS			8.FS			9.FS			10.FS					
	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P	V	S	P
							900 h																										

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, eine konkrete wissenschaftliche Problemstellung aus dem fortgeschrittenen Bereich der Technischen Kybernetik und Systemtheorie unter Anleitung zu bearbeiten, durch Anwendung der im Studium erworbenen Methodenkompetenz selbstständig zu lösen und die Ergebnisse gemäß wissenschaftlicher Standards fachlich fundiert zu dokumentieren. Die Studierenden können die Erkenntnisse ihrer Arbeit bewerten und in den Stand der Forschung einordnen. Gegenüber einem Fachpublikum können sie ihre Vorgehensweise motivieren, damit erreichte Ergebnisse und Erkenntnisse angemessen präsentieren sowie in einer abschließenden Diskussion verteidigen.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

Es wird eine konkrete wissenschaftliche Aufgabenstellung bearbeitet, welche auf die im Master erworbenen Kompetenzen zurückgreift. Im Kolloquium werden die dabei erzielten Resultate in einer Abschlusspräsentation verteidigt

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

### Literatur

Themenspezifische Literatur wird zu Beginn der Arbeit vom Betreuer benannt bzw. ist selbstständig zu recherchieren.  
 Empfohlen wird außerdem Literatur zu wissenschaftlichem Arbeiten, Literaturrecherche (beispielsweise Angebote der Bibliothek) und Präsentationstechniken.

### Detailangaben zum Abschluss

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 80% (Prüfungsnummer: 99001)
- Kolloquium Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 20% (Prüfungsnummer: 99002)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:  
 Selbstständige schriftliche wissenschaftliche Arbeit, Umfang 720 h innerhalb von 6 Monaten  
 Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
 Gesamtdauer des Kolloquiums max. 60 min; Vortrag max. 30 min

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021





## **Glossar und Abkürzungsverzeichnis:**

LP	Leistungspunkte
SWS	Semesterwochenstunden
FS	Fachsemester
V S P	Angabe verteilt auf Vorlesungen, Seminare, Praktika
N.N.	Nomen nominandum, Platzhalter für eine noch unbekannte Person (wikipedia)
Objektypen lt. Inhaltsverzeichnis	K=Kompetenzfeld; M=Modul; P,L,U= Fach (Prüfung, Lehrveranstaltung, Unit)