

# Modulhandbuch

---

## Master

# Wirtschaftsingenieurwesen

---

**Studienordnungsversion: 2015**

**Vertiefung: AT**

**gültig für das Sommersemester 2019**

Erstellt am: 02. Mai 2019  
aus der POS Datenbank der TU Ilmenau  
Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-mhb-14919



## Modul: Automatisierung Pflichtbereich

Modulnummer: 100769

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Christoph Ament

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

In diesem Modul lernen die Studenten die Grundlagen der Automatisierungstechnik, ihre Anwendungen, ihre Hauptkomponenten einschließlich PLCs und ihre wichtigsten Werkzeuge, einschließlich SPS-Programmierung. Ein Schwerpunkt wird auf die Anwendung der erlernten Informationen in praktischen Situationen gelegt.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

keine

### Detailangaben zum Abschluss

## Modul: Grundlagen der Systemtechnik und Hauptseminar

Modulnummer: 101631

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden sind in der Lage elementare Prinzipien der experimentellen und physikalischen Modellbildung sowie Parameteridentifikation anzuwenden und statische Versuchsplanungen durchzuführen. Für lineare dynamische Modelle können Sie im Zustandsraum grundlegende Systemeigenschaften, wie Stabilität, Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit und Entkoppelbarkeit analysieren. Sie haben grundlegende Fähigkeiten dafür erworben, Vorsteuerung, Regelungen und Beobachter für Mehrgrößensysteme zu entwerfen.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Gemeinsames ingenieurwissenschaftliches Grundstudium.  
Regelungs- und Systemtechnik 1

### Detailangaben zum Abschluss

Teilprüfung RST 2 - EIT, schriftliche Prüfung (120 Minuten)

## Regelungs- und Systemtechnik 2 - Profil EIT

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100273

Prüfungsnummer: 220333

Fachverantwortlich: 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	V S P	V S P	V S P
semester										

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden können für ein nichtlineares Zustandsraummodell eine an einer Trajektorie gültige lineare Approximation bestimmen.
- Die Studierenden kennen die Lösungen und grundlegenden Eigenschaften von zeitvarianten und zeitinvarianten linearen Systemen im Zeitkontinuierlichen und Zeitdiskreten.
- Die Studierenden sind in der Lage, lineare Abtastmodelle zu bestimmen.
- Die Studierenden sind befähigt, die wichtigsten Stabilitätskonzepte und -kriterien bei linearen Systemen anzuwenden.
- Die Studierenden können die Konzepte Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit auf Anwendungen übertragen und diese anhand von Kriterien problemangepasst analysieren.
- Die Studierenden beherrschen den Entwurf von Zustandsreglern und Zustandsbeobachtern mit Hilfe der Formel von Ackermann.
- Die Studierenden können Folgeregelungen für lineare Eingrößensysteme auslegen.
- Die Studierenden können Entkopplungsregler für lineare Mehrgrößensysteme entwerfen.

### Vorkenntnisse

Abgeschlossenes gemeinsames ingenieurwissenschaftliches Grundstudium (GIG)

### Inhalt

- Lineare Mehrgrößensysteme: Zustandsdarstellung, Linearität, Zeitvarianz & Zeitinvarianz, zeitkontinuierliche und zeitdiskrete Systeme
  - Linearisierungen: am Betriebspunkt, entlang einer Trajektorie, durch Eingangs-/Zustandstransformation
  - Lösung im Zeitbereich: Ähnlichkeitstransformation, Jordan-Normalform, Transitionsmatrix, zeitdiskrete und abgetastete Systeme; Vergleich mit Lösung über Übertragungsfunktion
  - Stabilität: gleichmäßig, asymptotisch, nach Lyapunov, exponentiell; Kriterien: Norm der Transitionsmatrix, Eigenwerte, Hurwitz-Kriterium, Kharitonov-Polynome, Lyapunov-Funktion; im Zeitdiskreten: Eigenwerte, Hurwitz-Kriterium über Tustin-Transformation
  - Steuerbarkeit & Erreichbarkeit: Begriffsklärung; Kriterien: Steuerbarkeits-Gramsche, Silverman-Meadows-Kriterium, Rangkriterium nach Kalman, Popov-Belevitch-Hautus-Kriterium (zeitdiskret & zeitkontinuierlich)
  - Zustandsregler: Regelungsnormalform, Polvorgaberegler, Vorfilterentwurf, Formel von Ackermann, Deadbeat-Regler
    - Erweiterungen: PI-Zustandsregler, einfache Entkopplungsregler, inversionsbasierter Entwurf von Folgeregelungen, Minimalphasigkeit
    - Beobachtbarkeit & Rekonstruierbarkeit: Begriffsklärung; Kriterien: Beobachtbarkeits-Gramsche, Silverman-Meadows-Kriterium, Rangkriterium nach Kalman; Dualität
    - Beobachter: Beobachtbarkeitsnormalform, Zustandsbeobachter und Separationstheorem

<https://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/regelungs-und-systemtechnik-2/>

### Medienformen

Entwicklung an der Tafel, Beiblätter, Übungsblätter und Simulationsbeispiele unter:

<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/regelungs-und-systemtechnik-2>

### Literatur

- Ludyk, G., Theoretische Regelungstechnik 1 & 2, Springer, 1995
- Olsder, G., van der Woude, J., Mathematical Systems Theory, VSSD, 3. Auflage, 2004
- Rugh, W., Linear System Theory, Prentice Hall, 2. Auflage, 1996

#### Detailangaben zum Abschluss

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum positiv abgeschlossen werden.

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
 Bachelor Informatik 2013  
 Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
 Bachelor Mechatronik 2013  
 Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2010  
 Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
 Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
 Master Biomedizinische Technik 2014  
 Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
 Master Micro- and Nanotechnologies 2008  
 Master Micro- and Nanotechnologies 2013  
 Master Miniaturisierte Biotechnologie 2009  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Hauptseminar Automatisierungstechnik WIW

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache:deutsch Pflichtkennz.:Pflichtfach Turnus:ganzjährig

Fachnummer: 101616 Prüfungsnummer:2200536

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Leistungspunkte: 3 Workload (h):90 Anteil Selbststudium (h):68 SWS:2.0  
 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			
							0	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden sind in der Lage, wissenschaftlich-technische Literatur zu recherchieren und auszuwerten.
- Die Studierenden können ein neues, weiterführendes Verfahren oder Anwendungsfall eigenständig erfassen und bewerten.
- Die Studierenden können ein wissenschaftliches Thema schriftlich und mündlich angemessen präsentieren.

### Vorkenntnisse

Regelungs- und Systemtechnik 1 und 2, Digitale Regelungen/Regelungssysteme, Grundlagen Matlab.  
 Empfohlen Regelungs- und Systemtechnik 3 und Nichtlinearare Regelungssysteme 1

### Inhalt

wechselnde Themen aus den Gebieten Automatisierungstechnik, Optimierung, Regelungstechnik, Systemanalyse und Systemtheorie

### Medienformen

Folienpräsentationen, Simulationen,  
 Handouts  
<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/hauptseminar>

### Literatur

abhängig vom Thema variierend

### Detailangaben zum Abschluss

- schriftliche Ausarbeitung: 45%
- Kolloquium: 55%

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Modul: Statische Prozessoptimierung

Modulnummer: 100379

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Pu Li

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden können

- die Grundlagen, Problemstellungen und Methoden der statischen Prozessoptimierung klassifizieren,
- Methoden und Werkzeuge anwenden,
- unterschiedliche Problemstellungen und mathematische Herleitungen analysieren und generieren sowie
- Anwendungsfälle für industrielle Prozesse analysieren, entwickeln und bewerten.

### Voraussetzungen für die Teilnahme

### Detailangaben zum Abschluss

- 1) Mündliche Prüfung, 30 min. und
- 2) Unbenoteter Schein (Testat) für Praktikum. Praktikum umfasst zwei Versuche.



## Statische Prozessoptimierung

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ 30 min Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtfach

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100628

Prüfungsnummer: 220371

Fachverantwortlich: 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

- die Grundlagen, Problemstellungen und Methoden der statischen Prozessoptimierung klassifizieren,
- Methoden und Werkzeuge anwenden,
- unterschiedliche Problemstellungen und mathematische Herleitungen analysieren und generieren sowie
- Anwendungsfälle für industrielle Prozesse analysieren, entwickeln und bewerten.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Mathematik, Physik, Elektrotechnik, Regelungs- und Systemtechnik 1 + 2

### Inhalt

Optimierung des Designs und des Betriebs industrieller Prozesse

- Lineare und Nichtlineare Programmierung
- Mixed-Integer-Optimierung
- Anwendung von Optimierungswerkzeugen (GAMS) am Rechner
- Praktische Anwendungsbeispiele

Lineare Programmierung:

Theorie der linearen Programmierung, Freiheitsgrad, zulässiger Bereich, graphische Darstellung/Lösung, Simplexmethode, Dualität, Mischungsproblem, optimale Produktionsplanung.

Nichtlineare Optimierung:

Konvexitätsanalyse, Probleme ohne und mit Nebenbedingungen, Optimalitätsbedingungen, Methode des goldenen Schnitts, das Gradienten-, Newton-, Quasi-Newton-Verfahren, Probleme mit Nebenbedingungen, Kuhn-Tucker-Bedingungen, SQP-Verfahren (Sequentielle Quadratische Programmierung), „Active-Set“-Methode, Approximation der Hesse-Matrix, Anwendung in der optimalen Auslegung industrieller Prozesse

Mixed-Integer lineare Programmierung (MILP):

Formulierung, Branch-and-Bound-Methode, Master-Problem, Optimierungssoftware GAMS, Anwendung im Design industrieller Prozesse

Praktikum: Zwei Versuche: StatPO-1: Nichtlineare Optimierung, Stat-PO2: Programmierung und numerische Lösung von statischen nichtlinearen Optimierungsproblemen mittels Standardsoftware

### Medienformen

Präsentation, Vorlesungsskript, Tafelanschrieb, Praktikum im PC-Pool

### Literatur

- U. Hoffmann, H. Hofmann: Einführung in die Optimierung. Verlag Chemie. Weinheim. 1982  
 T. F. Edgar, D. M. Himmelblau. Optimization of Chemical Processes. McGraw-Hill. New York. 1989  
 K. L. Teo, C. J. Goh, K. H. Wong. A Unified Computational Approach to Optimal Control Problems. John Wiley & Sons. New York. 1991  
 C. A. Floudas. Nonlinear and Mixed-Integer Optimization. Oxford University Press. 1995  
 L. T. Biegler, I. E. Grossmann, A. W. Westerberg. Systematic Methods of Chemical Process Design. Prentice Hall. New Jersey. 1997  
 M. Papageorgiou. Optimierung. Oldenbourg. München. 2006  
 J. Nocedal, S. J. Wright. Numerical Optimization. Springer. 1999

#### Detailangaben zum Abschluss

- 1) Schriftliche Prüfung, 90 min. und
- 2) Unbenoteter Schein (Testat) für Praktikum. Praktikum umfasst zwei Versuche.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
Master Mechatronik 2008  
Master Mechatronik 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Modul: Automatisierung Wahlpflichtbereich(5 aus 13)

Modulnummer: 100802

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

Die Studierenden wählen Module aus dem Katalog dieses Wahlpflichtbereichs zum Erwerb vertiefter Kompetenzen in den Bereichen Modellbildung, Messtechnik, Regelungstechnik, Systemidentifikation und Prozessoptimierung

### Voraussetzungen für die Teilnahme

Abschluss GIG

### Detailangaben zum Abschluss

ohne Angaben



werden Lehrmaterialien bereitgestellt. Sie bestehen u.a. aus kapitelweise nummerierten Arbeitsblättern mit Erläuterungen und Definitionen sowie Skizzen der Messprinzipien und -geräte, deren Inhalt mit der Präsentation identisch ist. Eventuelle Ergänzungen enthält ein operativer universitätsinterner Downloadbereich mit variablem Inhalt.

#### Literatur

Die Lehrmaterialien enthalten ein aktuelles Literaturverzeichnis.

1. Internationales Wörterbuch der Metrologie - International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology. DIN. ISBN 3-41 0-13086-1
2. DIN V ENV 13005- Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen
3. Dubbel Taschenbuch für den Maschinenbau. Springer. ISBN: 3-540-22142-5

#### Detailangaben zum Abschluss

230434 Prüfungsleistung mit mehreren Teilleistungen (= besteht aus 1 PL und 1 SL)

- 2300465 alternative SL (= Praktikum). Die SL ist keine Zulassungsvoraussetzung für die dazugehörige PL (sPL).
- 2300076 mündliche PL (= mündliche Prüfung 20 min.).

Die generierte PL ist bestanden, wenn alle ihr zugeordneten Leistungen (1 PL + 1 SL) bestanden sind.

Die Note für die generierte PL wird aus der ihr zugeordneten PL (sPL) gebildet.

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

# Automatisierungstechnik 1

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlpflichtfach Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100417 Prüfungsnummer: 220339

Fachverantwortlich: 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 erwerben die Grundlagen zur Modellierung, Steuerung und Verifikation diskreter Systeme. Die Veranstaltung ist somit eine ideale Ergänzung zur Regelungs- und Systemtechnik, in der die Regelung kontinuierlicher Systeme gelehrt wird. Neben den theoretischen Grundlagen werden auch in der Praxis verbreitete Programmiersprachen nach der Norm IEC 61131-3 zur Implementierung von Steuerungen vermittelt.

## Vorkenntnisse

Keine Vorkenntnisse erforderlich (wünschenswert sind Vorkenntnisse in Regelungs- und Systemtechnik)

## Inhalt

- Spezifikation von Automatisierungsaufgaben
- Wiederholung der Booleschen Algebra
- Endliche Automaten
- Petri Netze
- Statecharts
- Systematischer Entwurf von Steuerungen
- Verifikation von Steuerungen
- SPS-Programmierung nach IEC 61131-3
- Automatische Codegenerierung
- Leittechnik

## Medienformen

Folien zur Vorlesung, Tafelanschrieb

## Literatur

- L. Litz: Grundlagen der Automatisierungstechnik, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2005.
- J. Lunze: Automatisierungstechnik, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2008.

## Detailangaben zum Abschluss

## verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013
- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Ingenieurinformatik 2013
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT



## Detailangaben zum Abschluss

schriftliche Prüfungsleistung, 90 Minuten

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Fahrzeugtechnik 2009  
Master Fahrzeugtechnik 2014  
Master Maschinenbau 2009  
Master Maschinenbau 2011  
Master Maschinenbau 2014  
Master Maschinenbau 2017  
Master Mechatronik 2008  
Master Mechatronik 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT





Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Matlab für Ingenieure

Fachabschluss: Studienleistung schriftlich 90 min Art der Notengebung: Testat / Generierte  
 Sprache:Deutsch Pflichtkennz.:Wahlpflichtfach Turnus:Sommersemester

Fachnummer: 5550 Prüfungsnummer:2200240

Fachverantwortlich: 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	1	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können die Grundzüge des Simulationssystems MATLAB/Simulink und dessen Kopplungsmöglichkeiten zu anderen Simulationssystemen/-sprachen beschreiben. Sie wenden numerische Integrationsverfahren zur Lösung von Differenzialgleichungssystemen an. Sie sind in der Lage, Simulationsaufgabenstellungen mit der grafischen Benutzeroberfläche von Simulink zu implementieren und zu lösen. Typische Simulationsaufgaben im regelungstechnischen Umfeld (Nutzung unterschiedlicher Modellbeschreibungen, Stabilitätsprüfung, Analyse und Syntheseaufgaben) werden durch die Studierenden analysiert und entwickelt. Ebenso werden lineare und nichtlineare Optimierungsaufgabenstellungen charakterisiert, beurteilt und entworfen, um mit Optimierungsverfahren gelöst zu werden. In einem benoteten Beleg weist jeder Studierende seine Fähigkeit nach, mit dem vorgestellten Simulationswerkzeug MATLAB/Simulink eine gestellte Aufgabe zu lösen und auszuwerten.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Mathematik, der Physik, der Elektrotechnik sowie Regelungs- und Systemtechnik 1 + 2, Simulation

### Inhalt

Einführung in MATLAB/Simulink; Kopplung zu anderen Simulationssystemen/-sprachen; Numerische Integration von Differenzialgleichungssystemen, Beispiele; Simulation dynamischer Systeme mittels SIMULINK, Beispiele; Regelungstechnik: Ein-/ Ausgangsmodelle, Zustandsraummodelle, kontinuierliche und zeitdiskrete Modelle, Modelltransformationen, Stabilitätsprüfung, regelungstechnische Analyse- und Syntheseverfahren im Zeit-, Frequenz- und Bildbereich, zugehörige Tools, Beispiele; Formulierung und Lösung von Optimierungsaufgaben, Beispiele

### Medienformen

Präsentation, Vorlesungsskript, Tafelanschrieb, Übungen im PC-Pool, Beleg am PC

### Literatur

Biran, A., Breiner, M.: MATLAB 5 für Ingenieure, Addison-Wesley, 2000.  
 Bossel, H.: Simulation dynamischer Systeme, Vieweg, 1987.  
 Bossel, H.: Modellbildung und Simulation, Vieweg, 1992.  
 Dorf, R.C., Bishop, R.H.: Moderne Regelungssysteme. Pearson Studium. 2006  
 Hoffmann, J.: MATLAB und SIMULINK, Addison-Wesley, 1998.  
 Franklin, G.F., Powell, J.D., Emami-Naeini, A.: Feedback control of dynamic systems. Pearson Education. 2006  
 Hoffmann, J., Brunner, U.: MATLAB und Tools: Für die Simulation dynamischer Systeme, Addison-Wesley, 2002.  
 Lunze, J.: Regelungstechnik 1. Springer. 1999  
 Lunze, J.: Regelungstechnik 2. Springer. 1997  
 Papageorgiou, M.: Optimierung. Oldenbourg. 1991  
 Scherf, H.E.: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme, Oldenbourg, 2003.  
 Schwetlick, H., Kretschmar, H.: Numerische Verfahren für Naturwissenschaftler und Ingenieure, Fachbuchverlag Leipzig, 1991.

### Detailangaben zum Abschluss

Schriftlicher, benoteter Beleg

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Ingenieurinformatik 2008  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2009 Vertiefung ABT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2010 Vertiefung ABT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2011 Vertiefung ABT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Modellbildung und Simulation

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlpflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100613 Prüfungsnummer: 2200388

Fachverantwortlich: 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

#### Modellbildung:

Die Studierenden können für wesentliche technische Systeme ein mathematisches Modell aufbauen, das für Analyse, Simulation und Reglerentwurf geeignet ist. Sie kennen wesentliche Modellbildungsprinzipien der theoretischen Modellbildung und können im Rahmen einer experimentellen Modellbildung eine Versuchsplanung und Parameteridentifikation durchführen.

#### Simulation:

Die Studierenden können Grundbegriffe der Modellierung und Simulation und die historische Einordnung der analogen Simulation im Vergleich zum Schwerpunkt der Veranstaltung, der digitalen Simulation zeitkontinuierlicher und zeitdiskreter Systeme, darlegen. Sie sind in der Lage, Simulationsaufgabenstellungen zu bewerten und eine systematische Herangehensweise an die Problemlösung anzuwenden. Die Studierenden testen und beurteilen sowohl die blockorientierte, die zustandsorientierte als auch die objektorientierte Simulation einschließlich der Spezifika, wie z.B. numerische Integrationsverfahren, physikalische Modellierung. Durch vorgestellte Simulationssprachen, -systeme und -software (MATLAB/SIMULINK, OpenModelica) können die Studierenden typische Simulationsaufgaben bewerten und entwickeln. In einem Hausbeleg weist jeder Studierende seine Fähigkeit nach, eine Simulationsaufgabe zu lösen und auszuwerten.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Mathematik, Physik, Elektrotechnik und Mechanik

### Inhalt

#### Modellbildung:

Möchte man das Verhalten eines technischen Systems vor seiner Realisierung simulativ untersuchen, eine Optimierung des Betriebs durchführen oder eine Regelung für das System entwerfen, benötigt man ein Modell (also eine mathematische Beschreibung) des Systems. Die Entwicklung eines geeigneten Modells kann sich in der Praxis als aufwändig erweisen. In der Vorlesung werden systematische Vorgehensweisen und Methoden für eine effiziente Modellbildung entwickelt. Dabei wird in die Wege der theoretischen und experimentellen Modellbildung unterschieden. Nach einer Einführung werden zunächst Methoden der theoretischen Modellbildung vorgestellt. Ausgangspunkt sind Modellansätze und Modellbildungsprinzipien in verschiedenen physikalischen Domänen. Die Wirkungen der Modelle werden durch praktische Beispiele und Lösung der erstellten Gleichungen erläutert. Für die experimentelle Modellbildung werden allgemeine Modellansätze eingeführt und anschließend Methoden der Identifikation von Modellparametern aus Messdaten entwickelt. Die Vorlesung ist wie folgt gegliedert:

1. Einführung
2. Modellierung auf Basis von Stoffbilanzen
3. Modellierung auf Basis von Energiebilanzen
4. Modellierung elektrischer und mechanischer Systeme
5. Parameteridentifikation kontinuierlicher Prozesse

#### Simulation:

Einführung: Einsatzgebiete, Abgrenzung, Rechenmittel, Arbeitsdefinition, Systematik bei der Bearbeitung von Simulations- und Entwurfsaufgaben; Systembegriff (zeitkontinuierlich, zeitdiskret, qualitativ, ereignis-diskret, chaotisch) mit Aufgabenstellungen; Analoge Simulation: Wesentliche Baugruppen und Programmierung von Analogrechnern, Vorzüge und Nachteile analoger Berechnung, heutige Bedeutung; Digitale Simulation: blockorientierte Simulation, Integrationsverfahren, Einsatzempfehlungen, algebraische Schleifen, Schrittweitensteuerung, steife Differenzialgleichungen, Abbruchkriterien; zustandsorientierte Simulation linearer

Steuerungssysteme; physikalische objektorientierte Modellierung und Simulation; Simulationssprachen und -systeme: MATLAB (Grundaufbau, Sprache, Matrizen und lineare Algebra, Polynome, Interpolation, gewöhnliche Differenzialgleichungen, schwach besetzte Matrizen, M-File-Programmierung, Visualisierung, Simulink, Beispiele); objektorientierte Modellierungssprache Modelica und Simulationssystem OpenModelica (Merkmale, Modellierungsumgebung, Bibliotheken, Beispiele, Optimierung)

#### Medienformen

Modellbildung:

Präsentation, Vorlesungsskript, Tafelanschrieb, rechnerische Übungen

Simulation:

Präsentation, Vorlesungsskript, Tafelanschrieb, Übungen im PC-Pool, Hausbeleg am PC

#### Literatur

Modellbildung:

- R. Isermann, M. Münchhof: Identification of Dynamic Systems – An Introduction with Applications, Springer Verlag, 2011

- J. Wernstedt: Experimentelle Prozessanalyse, VEB Verlag Technik, 1989

- K. Janschek: Systementwurf mechatronischer Systeme, Methoden – Modelle – Konzepte, Springer, 2010

- W. Kleppmann: Taschenbuch Versuchsplanung, Produkte und Prozesse optimieren, 7. Auflage, Hanser, 2011

Simulation:

- Biran, A., Breiner, M.: MATLAB 5 für Ingenieure, Addison-Wesley, 1999.

- Bossel, H.: Simulation dynamischer Systeme, Vieweg, 1987.

- Bossel, H.: Modellbildung und Simulation, Vieweg, 1992.

- Bub, W., Lugner, P.: Systematik der Modellbildung, Teil 1: Konzeptionelle Modellbildung, Teil 2: Verifikation und Validation, VDI-Berichte 925, Modellbildung für Regelung und Simulation, VDI-Verlag, S. 1-18, S. 19-43, 1992.

- Cellier, F. E.: Continuous System Modeling, Springer, 1991.

- Cellier, F. E.: Integrated Continuous-System Modeling and Simulation Environments, In: Linkens, D.A. (Ed.): CAD for Control Systems, Marcel Dekker, New York, 1993, pp. 1-29.

- Fritzson, P.: Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 2.1, IEEE Press, 2004.

- Fritzson, P.: Introduction to Modeling and Simulation of Technical and Physical Systems with Modelica. Wiley-IEEE Press. 2011

- Gomez, C.: Engineering and scientific computing with Scilab, Birkhäuser, 1999.

- Hoffmann, J.: MATLAB und SIMULINK, Addison-Wesley, 1998.

- Hoffmann, J., Brunner, U.: MATLAB und Tools: Für die Simulation dynamischer Systeme, Addison-Wesley, 2002.

- Kocak, H.: Differential and difference equations through computer experiments, (... PHASER ...), Springer, 1989.

- Otter, M.: Objektorientierte Modellierung Physikalischer Systeme, Teil 1, at - Automatisierungstechnik, (47 (1999)1, S. A1-A4 (und weitere 15 Teile von OTTER, M. als Haupt- bzw. Co-Autor und anderer Autoren in Nachfolgeheften).

- Scherf, H.E.: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme, Oldenbourg, 2003.

#### Detailangaben zum Abschluss

sPL 120 (100%) + SL

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Ingenieurinformatik 2013

Diplom Maschinenbau 2017

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

# Nichtlineare Regelungssysteme 1

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlpflichtfach Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100498 Prüfungsnummer: 220399

Fachverantwortlich: 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

- 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.

## Vorkenntnisse

Grundkenntnisse über Zustandsraumverfahren, z.B. aus Regelungs- und Systemtechnik 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

## Medienformen

Entwicklung an der Tafel, Beiblätter, Übungsblätter und Simulationsbeispiele unter:

<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/nichtlineare-regelungssysteme-1>

## 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

schriftliche Prüfungsleistung, 120 Minuten

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
 Master Ingenieurinformatik 2014  
 Master Mechatronik 2014

Master Mechatronik 2017  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT



## Nichtlineare Regelungssysteme 2

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlpflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100762 Prüfungsnummer: 220402

Fachverantwortlich: 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	V S P	V S P	V S P
semester			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.

### Vorkenntnisse

Nichtlineare Regelungssysteme 1

### Inhalt

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

<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/nichtlineare-regelungssysteme-2>

### Medienformen

Entwicklung an der Tafel, Beiblätter, Übungsblätter und Simulationsbeispiele unter:  
<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/lehre/nichtlineare-regelungssysteme-2>

### 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

mündliche Prüfungsleistung, 30 Minuten

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
 Master Ingenieurinformatik 2014

Master Mechatronik 2014  
Master Mechatronik 2017  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT



## Regelungs- und Systemtechnik 3

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlpflichtfach Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 100414 Prüfungsnummer: 220335

Fachverantwortlich: 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 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
		2 1 1								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden können Normalformen für lineare Mehrgrößensysteme beim Regelungs- und Beobachterentwurf gezielt einsetzen.
- Die Studierenden kennen die wichtigsten Eigenschaften von Übertragungsfunktionen im Mehrgrößensystem und können deren Einfluß auf die Performance im Regelkreis bewerten.
- Die Studierenden sind befähigt, die gängigen Sensitivitätsfunktionen im Standardregelkreis zu bestimmen und beim Reglerentwurf, z.B. im loop-shaping-Verfahren zu nutzen.
- Die Studierenden verstehen die Relevanz von Matrix-Riccati-Differentialgleichungen beim optimierungsbasierten Entwurf und können diese numerisch lösen.
- Die Studierenden sind in der Lage, auf quadratischen Gütefunktionalen basierende Regelungen und Beobachter zu entwerfen.
- Die Studierenden können robuste Ausgangsrückführungen entwerfen.

### Vorkenntnisse

Abgeschlossenes gemeinsames ingenieurwissenschaftliches Grundstudium (GIG),  
 Regelungs- und Systemtechnik 2 – Profil EIT

### Inhalt

### Medienformen

Entwicklung an der Tafel, Beiblätter, Übungsblätter und Simulationsbeispiele unter:  
<http://www.tu-ilmenau.de/regelungstechnik/>

### Literatur

- Antsaklis, P., Michel, A., A Linear Systems Primer, Springer, 2007
- Sánchez-Peña, R., Sznajder, M., Robust Systems: Theory and Applications, Wiley, 1998
- Skogestad, S., Postlethwaite, I., Multivariable Feedback Control - Analysis and Design, Wiley, 2005
- Zhou, K., Doyle, J.C., Essentials of Robust Control, Prentice Hall, 1997
- Zhou, K., Doyle, J.C., Glover, K., Robust and Optimal Control, Prentice Hall, 1995

### Detailangaben zum Abschluss

schriftliche Prüfungsleistung, 120 Minuten

Zusätzlich zur Prüfungsleistung muss das Praktikum inkl. Testat erfolgreich absolviert werden

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013  
 Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
 Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT



## Dynamische Prozessoptimierung

Fachabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlpflichtfach Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 8195 Prüfungsnummer: 220372

Fachverantwortlich: 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
semester																											
				2	1	1																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können

- die Grundlagen, Problemstellungen und Methoden der dynamischen Prozessoptimierung klassifizieren,
- Methoden und Werkzeuge anwenden,
- unterschiedliche Problemstellungen und mathematische Herleitungen analysieren und generieren
- optimale Steuerungen berechnen sowie
- Anwendungsfälle für industrielle Prozesse analysieren, entwickeln und bewerten

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Mathematik, Physik, Elektrotechnik; Regelungs- und Systemtechnik

### Inhalt

Indirekte Verfahren

- Variationsverfahren, Optimalitätsbedingungen
- Das Maximum-Prinzip
- Dynamische Programmierung
- Riccati-Optimal-Regler

Direkte Verfahren

- Methoden zur Diskretisierung, Orthogonale Kollokation
- Lösung mit nichtlinearen Programmierungsverfahren
- Simultane und Sequentielle Verfahren

Anwendungsbeispiele

- Prozesse in der Luft- und Raumfahrtindustrie
- Prozesse in der Chemieindustrie
- Prozesse in der Wasserbewirtschaftung

Praktikum: 2 Versuche: DynPO-1: Numerische Lösung von Optimalsteuerungsaufgaben, Dyn-PO2:

Programmierung und numerische Lösung von Optimalsteuerungsproblemen  
 mittels Standardsoftware

### Medienformen

Präsentation, Vorlesungsskript, Tafelanschrieb

### Literatur

- D. G. Luenberger. Introduction to Dynamic Systems. Wiley. 1979  
 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

- 1) Schriftliche Prüfung, 120 min. und
- 2) Testat für durchzuführendes Praktikum. Praktikum umfasst zwei Versuche.

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Ingenieurinformatik 2009  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Mechatronik 2008  
Master Mechatronik 2014  
Master Mechatronik 2017  
Master Research in Computer & Systems Engineering 2009  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT

## Fuzzy- and Neuro Control

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlpflichtfach Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 100726 Prüfungsnummer: 220398

Fachverantwortlich: N. N.

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	1	1																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Aneignung von Kenntnissen und praktischen Fertigkeiten beim Entwurf von Fuzzy- und Neuro-Systemen zur Anwendung auf den Gebieten der Modellbildung, des Entwurfs regelungstechnischer Systeme und der Lösung von Klassifikationsaufgaben in wissensbasierten Entscheidungshilfesystemen. Kennenlernen von Basismechanismen und Anwendungsgebieten von Evolutionären Algorithmen.

### Vorkenntnisse

Abschluss der Grundausbildung in Mathematik, Regelungstechnik, Systemanalyse

### Inhalt

Grundlagen der Fuzzy-Theorie, Module des Fuzzy-Systems, Kennlinien und Kennflächen von Fuzzy-Systemen, Fuzzy-Modellbildungsstrategien, Fuzzy-Klassifikation und -Klassensteuerung, optimaler Entwurf von Fuzzy-Steuerungen und Regelungen, adaptive/lernende Fuzzy-Konzepte, Beispiele aus Technik, verwendete Tools: Fuzzy-Control Design Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox für MATLAB.

Theoretische Grundlagen Künstlicher Neuronaler Netze. Lernstrategien (Hebbsches Lernen, Delta-Regel Lernen, Competitives Lernen). Vorstellung grundlegender Netzwerktypen wie Perzeptron, Adaline, Madaline, Back-Propagation Netze, Kohonen-Netze. Modellbildung mit Hilfe Neuronaler Netze für statische (Polynommodell) und dynamische (Differenzgleichungsmodell, Volterra-Reihen-Modell) nichtlineare Systeme einschließlich entsprechender Anwendungshinweise (Fehlermöglichkeiten, Datenvorverarbeitung, Gestaltung des Lernprozesses). Strukturen zur Steuerung/Regelung mit Hilfe Neuronaler Netze (Kopieren eines konventionellen Reglers, Inverses Systemmodell, Internal Model Control, Model Predictive Control, direktes Training eines neuronalen Reglers, Reinforcement Learning). Methoden zur Neuro-Klassifikation (Backpropagation, Learning Vector Quantization). Anwendungsbeispiele und Vorstellung von Entwicklungstools für Künstliche Neuronale Netze, verwendete Tools: Neural Network Toolbox für MATLAB, HALCON, NeuralWorks Professional.

### Medienformen

Bei der Vorlesung werden über Beamer die wichtigsten Skizzen, Gleichungen und Strukturen dargestellt. Einfache Beispiele, das Herleiten von Gleichungen und die Erstellung von Strukturen werden anhand von Tafelbildern entwickelt. Zusätzlich wird der Lehrstoff mit Beispielen unter Verwendung der in MATLAB vorhandenen Toolboxes anhand untermauert. Die Vorlesungsfolien und das Skript können als PDF-Dokument heruntergeladen werden. Es findet zusätzlich zur Vorlesung alle zwei Wochen ein rechnergestütztes Seminar statt, in welchem die Studenten unter Verwendung von MATLAB/Simulink Aufgaben im Bereich der Modellbildung, Regelung und Klassifikation mit Fuzzy und Neuro Methoden lösen.

### Literatur

- Adamy J.: Fuzzy Logik, Neuronale Netze und Evolutionäre Algorithmen Shaker Verlag, Aachen 2005.
- Koch M., Kuhn Th., Wernstedt J.: Fuzzy Control – Optimale Nachbildung und Entwurf optimaler Entscheidungen, Oldenbourg, München, 1996.
- Kiendl H.: Fuzzy Control methodenorientiert, Oldenbourg, München 1997.
- D. Patterson: Künstliche Neuronale Netze, München, ...: Prentice Hall, 1996. R. Brause: Neuronale Netze, Stuttgart: Teubner, 1995. K. Warwick, G.W. Irwin, K.J. Hunt: Neural networks for control and systems, London: Peter Pelegrinus Ltd., 1992.
- Schöneburg E., Heinzmann F., Fedderson S.: Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien, Addison-Wesley, 1994.
- Rechenberg I.: Evolutionsstrategie '94, frommann-holzboog, 1994



verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Electrical Power and Control Engineering 2013  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung AST  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Mechatronik 2008  
Master Mechatronik 2014  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2014  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2018 Vertiefung AT



## **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)