

# Modulhandbuch

---

## Master

# Wirtschaftsingenieurwesen

---

**Studienordnungsversion: 2015**

**Vertiefung: AT**

**gültig für das Wintersemester 2017/18**

Erstellt am: 01. November 2017

aus der POS Datenbank der TU Ilmenau

Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau

URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-mhb-9158



## Modul: Automatisierung Pflichtbereich

Modulnummer: 100769

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Christoph Ament

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

### Lernergebnisse

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.

- 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.

- 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

Vorausgesetzt wird der erfolgreiche Abschluss folgender Fächer:

- Mathematik 1 und 2

- Physik 1 und 2

- Elektrotechnik 1

### Detailangaben zum Abschluss

---

## **Modul: Grundlagen der Systemtechnik und Hauptseminar**

Modulnummer: 101631

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Johann Reger

Modulabschluss: Fachprüfung/Modulprüfung generiert

Lernergebnisse

Voraussetzungen für die Teilnahme

Detailangaben zum Abschluss

## Regelungs- und Systemtechnik 2 - Profil EIT

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

### 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

<http://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 Ingenieurinformatik 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

## 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-ilmeneau.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

## 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



## Statische Prozessoptimierung

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: 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 Nichtlineare Programmierung (MINLP):

Mixed-Integer Lineare und Nichtlineare Programmierung (MILP, MINLP), Branch-and-Bound-Methode, Master-Problem, Optimierungssoftware GAMS, Anwendung im Design industrieller Prozesse  
Praktikum zur linearen, nichtlinearen, gemischt-ganzzahligen Programmierung

### 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) Mündliche Prüfung, 30 min. und
- 2) Unbenoteter Schein (Testat) für Praktikum

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

## **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





#### Detailangaben zum Abschluss

mündliche Prüfungsleistung, 30 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







## 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



4. Allgemeine („Blackbox“) Modelle
5. Parameteridentifikation
6. Experimentelle Versuchsplanung und -analyse
7. Modelle

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, Schrittwweitensteuerung, 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, Toolboxes, Beispiele); Scilab (Grundaufbau, Befehle, Unterschiede zu MATLAB/Simulink, Beispiele); objektorientierte Modellierungssprache Modelica und Simulationssystem OpenModelica (Merkmale, Modellierungsumgebung, Bibliotheken, Beispiele, Optimierung); PHASER (Grundaufbau, vorgefertigte und eigene Problemstellungen, Zeitverhalten, Phasendiagramm, Beispiele)

#### Medienformen

Modellbildung:

Die Konzepte werden während der Vorlesung an der Tafel entwickelt. Über Beamer steht ergänzend das Skript mit Beispielen und Zusammenfassungen zur Verfügung. Zur Veranschaulichung werden numerische Simulationen gezeigt.

Das Skript kann im Copyshop erworben oder im PDF-Format frei herunter geladen werden. Auf der Vorlesungs-Webseite finden sich weiterhin aktuelle Informationen, Übungsaufgaben und Unterlagen zur Prüfungsvorbereitung.

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

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2013

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Ingenieurinformatik 2013

Diplom Maschinenbau 2017

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 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

<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 2008  
 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



- 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

Detailangaben zum Abschluss

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2013  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2013 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2014 Vertiefung AT  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2015 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., Szaiaer, 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



## 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 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 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

### 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  
 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

### Detailangaben zum Abschluss

- 1) Mündliche Prüfung, 30 min. und
- 2) Testat für durchzuführendes Praktikum

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





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



## **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)
Objekttypen lt. Inhaltsverzeichnis	K=Kompetenzfeld; M=Modul; P,L,U= Fach (Prüfung, Lehrveranstaltung, Unit)