

# Modulhandbuch

---

## Master

# Mathematik und Wirtschaftsmathematik

---

**Studienordnungsversion: 2022**

**gültig für das Wintersemester 2023/24**

Erstellt am: 16. November 2023

aus der POS Datenbank der TU Ilmenau

Herausgeber: Der Präsident der Technischen Universität Ilmenau

URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-mhb-31698





Aerodynamik	2 2 0				PL 90min	5
Bildverarbeitung für die Qualitätssicherung		2 0 2			PL	5
Grundlagen der Bildverarbeitung und Mustererkennung		2 1 1			PL	5
Höhere Festigkeitslehre und Finite Elemente Methoden	2 1 1				PL	5 120min
Magnetofluidynamik	2 2 0				PL 30min	5
Prozessmess- und Sensortechnik	2 1 1				PL	5
Strömungsmechanik 2	2 2 0				PL 90min	5
Nichtmathematisches Anwendungsfach Physik					FP	15
Experimentalphysik 1: Mechanik und Thermodynamik	3 2 0				PL	6 120min
Experimentalphysik 2: Schwingungen, Wellen und Felder		3 2 0			PL	6 120min
Experimentalphysik 3: Elektrizitätslehre und Optik			3 2 0		PL	6 120min
Experimentalphysik 4: Atome, Kerne, Teilchen				3 2 0	PL	6 120min
Technische Physik 1		3 1 0	2 2 0		PL 45min	8
Technische Physik 2		2 1 0	2 2 0		PL 30min	7
Theoretische Physik 1					PL	5
Theoretische Physik 2					PL 30min	5
Theoretische Physik 3					PL	10
Nichtmathematisches Anwendungsfach Chemie					FP	15
Analytik			2 1 2		PL 90min	5
Bioinstrumentelle Analytik und Mikroanalysesysteme	2 2 1				PL 90min	5
Biotechnische Mikro- und Nanosysteme	2 0 2				PL	5
Chemie für Ingenieure	2 1 0				PL 90min	5
Einführung in die Quantenchemie		2 1 1			PL 30min	5
Einführung in die Quantenmechanik	2 2 0				SL	5
Elektrochemie und Korrosion			2 2 0		PL 90min	5
Grundlagen der Zellbiologie			2 0 2		PL	5
Grundlagen Physikalische Chemie		2 1 2			PL	5
Physikalische Chemie			2 1 0	2 0 2	PL	10
Technische Chemie				4 0 0	PL	5 120min

### Studienschwerpunkt Wirtschaftsmathematik

Mathematischer Wahlbereich					FP	20
Adaptive Regelung	2 1 0				PL 30min	5
Globale Optimierung	4 2 0				PL 30min	10
Numerik partieller Differentialgleichungen		2 1 0			PL 30min	5
Numerische Verfahren der konvexen Optimierung	2 1 0				PL 30min	5
Stochastische Prozesse		4 2 0			PL 30min	10
Bayesianische Daten Assimilation	4 2 0				PL 30min	10
Differentiell-algebraische Gleichungen und Systemtheorie					PL 30min	5
Geometrie		2 1 0			PL 30min	5
Matroidtheorie		2 1 0			PL 30min	5
Modellprädiktive Regelung	2 1 0				PL 30min	5
Sequenzielle Entscheidungsprozeduren	2 2 0				PL 30min	5
Spezielle Themen der Algebra		2 1 0			PL 30min	5
Wahlbereich Wirtschaftsmathematik					FP	25
Globale Optimierung	4 2 0				PL 30min	10
Kombinatorische Optimierung	4 2 0				PL 30min	10
Large Networks & Random Graphs		2 1 0			PL 30min	5





## Funktionalanalysis

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

Fachnummer: 200414 Prüfungsnummer: 2400766

Fachverantwortlich: 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			
	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

## Mathematisches Seminar 1

Fachabschluss: Studienleistung alternativ

Art der Notengebung: Testat / Generierte

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtmodul

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 201069

Prüfungsnummer: 2400860

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Yury Person

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 128	SWS: 2.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 241							
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, sich selbstständig in ein anspruchsvolles und komplexes mathematisches Thema einzuarbeiten. Sie können sich mit aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen vertraut machen, diese analysieren und bewerten. Sie sind in der Lage, Erkenntnisse aus der Literatur zusammenzufassen, einzuordnen, fehlende Beweisschritte zu vervollständigen und aufbereitet darzustellen. Sie können die erarbeiteten Inhalte in einem Vortrag präsentieren und in einer Fachdiskussion reflektieren.

### Vorkenntnisse

Analysis und lineare Algebra sowie je nach Thematik weitere mathematische Grundkenntnisse

### Inhalt

Das Seminar vermittelt die Arbeit mit wissenschaftlicher Literatur und das Präsentieren von Ergebnissen.

- Erarbeitung eines mathematischen Themas unter Betreuung
- Dokumentation der Arbeit (Literaturrecherche, Stand des Wissens)
- Vortrag mit anschließender Diskussion

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

Beamer, Folien, Tafel

### Literatur

Fachzeitschriften und Lehrbücher zur Mathematik, Forschungsberichte; die Spezifizierung erfolgt bei der Vergabe der Themen

### Detailangaben zum Abschluss

Teilnahme, Präsentation/Vortrag.

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Mathematisches Seminar 2

Fachabschluss: Studienleistung alternativ

Art der Notengebung: Testat / Generierte

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Pflichtmodul

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 201075

Prüfungsnummer: 2400866

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Yury Person

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 128	SWS: 2.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 241							
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, sich selbstständig in ein anspruchsvolles und komplexes mathematisches Thema einzuarbeiten. Sie können sich mit aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen vertraut machen, diese analysieren und bewerten. Sie sind in der Lage, Erkenntnisse aus der Literatur zusammenzufassen, einzuordnen, fehlende Beweisschritte zu vervollständigen und aufbereitet darzustellen. Sie können die erarbeiteten Inhalte in einem Vortrag präsentieren und in einer Fachdiskussion reflektieren.

### Vorkenntnisse

Bachelorstudium Mathematik

### Inhalt

Das Seminar vermittelt die Arbeit mit wissenschaftlicher Literatur und das Präsentieren von Ergebnissen.

- Erarbeitung eines mathematischen Themas unter Betreuung
- Dokumentation der Arbeit (Literaturrecherche, Stand des Wissens)
- Vortrag mit anschließender Diskussion

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

Beamer, Folien, Tafel

### Literatur

Fachzeitschriften und Lehrbücher zur Mathematik, Forschungsberichte; die Spezifizierung erfolgt bei der Vergabe der Themen

### Detaillangaben zum Abschluss

Teilnahme, Präsentation/Vortrag.

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## 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: 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 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 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Numerische Verfahren der konvexen Optimierung

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

Modulnummer: 200445 Prüfungsnummer: 2400797

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Gabriele Eichfelder

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 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			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Den Studierenden wurde in der Vorlesung und Übung sowohl der vertiefende Charakter im Vergleich z.B. zur Grundlagenveranstaltung "Optimierung", als auch der hier stärker ausgeprägte numerische Aspekt der Veranstaltung bewusst. Im Verlauf der Vorlesung lernten sie dabei tiefergehende mathematische Ansätze für die numerische Behandlung von Problemstellungen der unrestringierten und restringierten Optimierung anhand von ausgewählten Verfahren (einschließlich der dafür beweisbaren mathematischen Aussagen beispielsweise hinsichtlich der Konvergenzgeschwindigkeit) kennen und zu verstehen. Weiterhin sind die Studierenden in die Lage versetzt, die verschiedenen vorgestellten Verfahren untereinander beispielsweise hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile oder auch ihrer praktisch relevanten Grenzen zu klassifizieren bzw. zu vergleichen. In der Übung konnten diese gewonnenen Erkenntnisse angewendet werden, um beispielsweise ergänzende theoretische Untersuchungen zu vollziehen, die Verfahren softwaretechnisch zu implementieren sowie diese Implementierungen vergleichend auf hinlänglich bekannte und akzeptierte Testinstanzen anzuwenden. Ein wichtiger Bestandteil dieser vorgenommenen Betrachtungen war der Vergleich und die anschließende kritische Bewertung der erhaltenen Ergebnisse durch die Studierenden. Sie sind durch die Übungen auch befähigt Anmerkungen zu beachten und Kritik zu würdigen. Das in dieser Vorlesung erlangte Wissen bildet somit einen wichtigen Grundstock für weitergehende Betrachtungen und Untersuchungen hinsichtlich numerischer Verfahren der unrestringierten und restringierten Optimierung, beispielsweise im Rahmen von Abschlussarbeiten oder auch Forschungsprojekten. Die Studierenden sind darüber hinaus in die Lage versetzt, in ihrer beruflichen Praxis die kennengelernten Verfahren erfolgsorientiert in Kooperation mit Kollegen anderer Fachgebiete anzuwenden und die Ergebnisse in ihrem späteren beruflichen Umfeld mit der notwendigen mathematischen Kompetenz zu untermauern.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse der Optimierung

### Inhalt

numerische Verfahren der kontinuierlichen unrestringierten und restringierten konvexen Optimierung wie Quasi-Newton-Verfahren, Trust-Region-Verfahren, SQP-Verfahren

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

Tafel, Beamer, Computer

### Literatur

- C. Geiger und C. Kanzow, Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben (Springer, Berlin, 1999).
- C. Geiger und C. Kanzow, Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben (Springer, Berlin, 2002).
- F. Jarre und J. Stoer, Optimierung (Springer, Berlin, 2004).

### Detaillangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4725>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Bayesianische Daten Assimilation

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

Modulnummer: 201204 Prüfungsnummer: 2400898

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jana de Wiljes

Leistungspunkte: 10 Workload (h): 300 Anteil Selbststudium (h): 232 SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2414

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 sind nach Abschluss dieses Modules in der Lage sein, die Grundlagen der Bayesianischen Sequentiellen Zustands- und Parameterschätzung umfassend zu verstehen. Hierzu zählt nicht nur ein klares Verständnis der mathematischen Herleitungen der gängigen Standardmethoden wie Filter und Smoother in der Data Assimilation, sondern auch die Fähigkeit zur Analyse ihrer Stabilität und ihres Langzeitverhaltens.

Darüber hinaus sind die Studierenden befähigt, eigenständig gängige sequentielle Filter-Algorithmen zu implementieren. Diese Kenntnisse können sie anschließend auf vereinfachte Beispielszenarien aus Bereichen wie Meteorologie, personalisierte Medizin und Weltraumwetter anwenden.

Am Ende des Kurses können die Studierenden nicht nur die Theorie verstehen, sondern haben auch praktische Fertigkeiten entwickelt, um diese Konzepte in realen Anwendungen anzuwenden. Dieser Kurs bietet somit eine umfassende Vorbereitung auf eigenständige Forschung im Bereich Bayesianischer Inverser Probleme.

Upon completion of this course, students will be able to thoroughly comprehend the fundamentals of Bayesian Sequential State and Parameter Estimation. This encompasses not only a clear understanding of the mathematical derivations of common standard methods such as filters and smoothers in Data Assimilation, but also the ability to analyze their stability and long-term behavior.

Furthermore, students will be equipped to independently implement prevalent sequential filtering algorithms. They can subsequently apply these skills to simplified example scenarios from domains such as meteorology, personalized medicine, and space weather.

By the end of the course, students will not only grasp the theory but also have developed practical skills to apply these concepts in real-world applications. As such, this course offers comprehensive preparation for independent research in the realm of Bayesian Inverse Problems.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis, Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Python Programmierung oder Matlab Programmierung

### Inhalt

#### 1. Einführung in Datenassimilation und Filtermethoden in vielfältigen Anwendungsbereichen

Die Datenassimilation ist eine faszinierende interdisziplinäre Disziplin, die es ermöglicht, Modelle und Beobachtungsdaten zu verschmelzen, um präzise Schätzungen von Zuständen oder Prozessen zu erzielen. In diesem Kurs werden wir mit fesselnden Beispielen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen wie der Medizin, Klimaforschung und Weltraumwettervorhersagen starten. Wir befassen uns mit der Aktualisierung der essenziellen Grundlagen in den Bereichen Statistik, Stochastik, Numerik und dynamischen Systemen. Anschließend werden wir die mathematische Herleitung von Standardfiltern wie dem Kalman-Filter, Particle Filter, Ensemble Kalman-Filter, variationellen Methoden und Smoothern untersuchen.

## 2. Ausführliche algorithmische Studien und Implementierung anhand von Toy-Modellen

Wir werden uns eingehend mit der Implementierung von Methoden auseinandersetzen und eigenständig Toy-Modelle verschiedenster Art erstellen. Dies ermöglicht es uns, ein tieferes Verständnis für die Funktionsweise der Methoden zu entwickeln und sie in einem kontrollierten Umfeld praktisch anzuwenden.

## 3. Analysen zur Stabilität und Langzeitverhalten der vorgestellten Methoden

Wir werden gründliche Analysen zur Stabilität und zum Langzeitverhalten der vorgestellten Methoden durchführen. Dies ist von entscheidender Bedeutung, um das Verhalten der Methoden über verschiedene Zeiträume und unter verschiedenen Bedingungen zu verstehen.

## 4. Erweiterungen der Standardfilter wie hierarchische Algorithmen oder hybride Filtermethoden

Darüber hinaus werden wir uns mit Erweiterungen der Standardfilter beschäftigen, zum Beispiel mit hierarchischen Algorithmen oder hybriden Filtermethoden. Diese Fortentwicklungen erlauben es, die Leistungsfähigkeit der Filter in komplexen Szenarien noch weiter zu optimieren.

## 1. Introduction to Data Assimilation and Filtering Methods in Diverse Application Areas

Data assimilation is a fascinating interdisciplinary field that enables the fusion of models and observational data to achieve accurate estimations of states or processes. In this course, we will commence with captivating examples from various application domains such as medicine, climate research, and space weather forecasting. We will delve into refreshing the essential fundamentals in areas including statistics, stochastic processes, numerical methods, and dynamic systems. Subsequently, we will explore the mathematical derivation of standard filters such as the Kalman filter, particle filter, ensemble Kalman filter, variational methods, and smoothers.

## 2. Comprehensive Algorithmic Studies and Implementation Using Toy Models

We will thoroughly engage in the implementation of methods and independently create toy models of various kinds. This will enable us to develop a deeper understanding of the functioning of these methods and practically apply them in a controlled environment.

## 3. Analyses of Stability and Long-Term Behavior of Presented Methods

We will conduct thorough analyses of the stability and long-term behavior of the introduced methods. This is of paramount importance in comprehending the behavior of the methods across different timeframes and under various conditions.

## 4. Extensions of Standard Filters, Such as Hierarchical Algorithms or Hybrid Filter Methods

Moreover, we will delve into extensions of standard filters, including hierarchical algorithms or hybrid filter methods. These advancements allow for further optimization of the filters' performance in complex scenarios.

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

Beamer, Aufgaben, Slides, jupyter notebooks, persönlicher Rechner mit Python oder Matlab um Programmiereteil der Übungsaufgaben zu bearbeiten

## Literatur

1. Probabilistic Forecasting and Bayesian Data Assimilation von Sebastian Reich und Colin Cotter, Cambridge University Press

2. Data Assimilation: A Mathematical Introduction von Kody Law, Andrew Stuart und Konstantinos Zygalakis, Springer

3. Bayesian Filtering and Smoothing von Simo Särkkä, Cambridge University Press

4. An Introduction to Sequential Monte Carlo von Nicolas Chopin und Omiros Papaspiliopoulos, Springer

[Detailangaben zum Abschluss](#)

[Link zum Moodle-Kurs](#)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Differentiell-algebraische Gleichungen und Systemtheorie

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 201168 Prüfungsnummer: 2400892

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			

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen grundlegenden Kenntnisse zur Lösungstheorie differentiell-algebraischer Gleichungen (Index, konsistente Anfangswerte, Normalformen) für Systeme, die durch differentiell-algebraische Gleichungen beschrieben werden, und haben systemtheoretische Kenntnisse über Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit und Zustandsreglerentwurf solcher Systeme. Sie sind mit typischen Anwendungen aus Mechanik und Elektrotechnik vertraut. Nach den Übungen können die Studierenden typische Aussagen im Themengebiet der Vorlesung beweisen und in der Lage, die erlernten Verfahren in einfachen Fällen anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra und Analysis

### Inhalt

Grundlagen differentiell-algebraischer Gleichungen, Index, konsistente Anfangswerte, Kronecker- und Weierstraß-Normalform, Modellierung elektrischer Schaltungen und mechanischer Mehrkörpersysteme, Stabilität, Steuerbarkeit, Stabilisierung durch Rückkopplung, Beobachtbarkeit, Beobachter und dynamische Regler, linear-quadratische Optimalsteuerung

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

Tafel

### 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:

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Geometrie

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

Modulnummer: 200456 Prüfungsnummer: 2400808

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 haben einen Überblick über klassische und moderne Geometrien und können diese beschreiben, mit ihnen umgehen und sie in Beziehung setzen.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse in Analysis und (insbesondere linearer) Algebra

### Inhalt

Euclidische Geometrie inkl. Axiomatik und Konstruktionsproblemen, nichteuclidische Geometrie, projektive Geometrie, metrische Geometrie

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software, geometrische Objekte  
 In den Jahren, in denen das Modul nicht angeboten wird, werden bei Bedarf Lehrmaterialien zur Verfügung gestellt und Konsultationen angeboten.

### Literatur

Hartshorne, R. (2000). Geometry: Euclid and beyond. Springer, New York, NY.  
 Klein, Felix (1908). Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus; Teil I: Arithmetik, Algebra, Analysis. B. G. Teubner, Leipzig.  
 Richter-Gebert, J. (2011). Perspectives on Projective Geometry. Springer, Berlin.  
 Benz, W. (2012). Classical Geometries in Modern Contexts. 3. Aufl., Birkhäuser, Basel.  
 Scriba, C. J., Schreiber, P. (2010). 5000 Jahre Geometrie. 3. Aufl., Springer, Heidelberg.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3554>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

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

## Modul: Matroidtheorie

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Modulnummer: 200440 Prüfungsnummer: 2400792

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	V	S	P			
				2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen nach der Vorlesung Grundkenntnisse der Theorie finitärer Matroide. Sie wissen wie Matroide als Verallgemeinerung von aus den Vorlesungen über Graphentheorie und Linearer Algebra bekannten Begriffen aufgefasst werden können und verstehen den Zusammenhang zwischen Matroiden und Kombinatorischen Optimierungsproblemen. Nach den Übungen sind die Studierenden fähig, die in der Vorlesung erlernten Begriffe und Methoden auf konkrete Beispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra 1/2, Algebra, Graphen & Algorithmen

### Inhalt

I. Axiomatik finitärer Matroide II. Anwendungen III. Darstellung von Matroiden über Körpern.  
Eine schöne Ergänzung zur Graphentheorie, aber auch für Freunde der Algebra interessant.

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

Tafel und Skript

### Literatur

Die einschlägigen Lehrbücher von Oxley und Walsh, mein Skript zur Vorlesung

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Sequenzielle Entscheidungsprozeduren

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

Modulnummer: 201205 Prüfungsnummer: 2400899

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jana de Wiljes

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2414

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			

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach Abschluss dieses Kurses können die Studierenden die Grundlagen des Sequenziellen Lernens umfassend zu begreifen. Sie sind in der Lage, mathematische Abschätzungen von Schranken für den durchschnittlichen Verlust mithilfe gängiger Standardmethoden für Bandit-Probleme eigenständig herzuleiten.

Des Weiteren sind die Studierenden dazu befähigt, verbreitete Algorithmen aus dem Bereich des Verstärkungslernens, wie beispielsweise Q-Learning und Monte Carlo Tree Search, eigenständig zu implementieren und auf Anwendungsdaten aus verschiedensten Bereichen wie Vorschlagssysteme, Spiele, autonomes Fahren, Medizin und Finanzwesen anzuwenden. Dadurch bietet dieser Kurs eine solide Grundlage für eigenständige Forschung im Bereich des Sequenziellen Lernens.

Upon completing this course, students will be capable of comprehensively grasping the fundamentals of Sequential Learning. They will have the ability to independently derive mathematical estimations of bounds for average loss using common standard methods for bandit problems.

Furthermore, students will be empowered to autonomously implement prevalent algorithms from the realm of reinforcement learning, such as Q-Learning and Monte Carlo Tree Search, and apply them to application data from diverse fields like recommendation systems, gaming, autonomous driving, medicine, and finance. Thus, this course provides a sturdy foundation for independent research in the domain of Sequential Learning.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis, Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Python Programmierung oder Matlab Programmierung

### Inhalt

Wir beginnen mit einer inspirierenden Einführung, in der bedeutende Anwendungsbeispiele für das sequenzielle Lernen und Entscheidungsfindung im Kontext von Unsicherheiten erläutert werden. Viele dieser Beispiele werden uns während des gesamten Kurses begleiten und als Brücken zur realen Welt dienen. Nach einer kurzen Auffrischung der fundamentalen Konzepte der Statistik, Stochastik, linearen Algebra und Numerik, tauchen wir in die Problematik stochastischer multivariater Bandit-Probleme ein. Wir befassen uns ausführlich mit einer Vielfalt von Algorithmen, die diskutiert und auf verschiedene Datensätze angewendet werden. Anschließend erfolgt eine theoretische Vertiefung der besprochenen Algorithmen.

Im zweiten Teil des Seminars gehen wir zu allgemeineren Markov Decision Processes über und erörtern modernste Verstärkungslernalgorithmen, die mathematisch hergeleitet werden. Des Weiteren stellen wir etablierte Implementierungen wie Alpha Go/Zero vor und führen dazu Diskussionen. Zum Abschluss des Kurses werden alle Studierenden ein kleines Anwendungsprojekt erhalten.

We commence with an inspiring introduction where significant application examples of sequential learning and decision-making within the context of uncertainties are elucidated. Many of these examples will accompany us throughout the entire course, serving as bridges to the real world. Following a brief review of fundamental concepts in statistics, stochastic processes, linear algebra, and numerical methods, we delve into the intricacies of stochastic multivariate bandit problems. We extensively explore a variety of algorithms (e.g., UCB, Thompson Sampling) that are discussed and applied to diverse datasets. Subsequently, a theoretical deepening of the discussed algorithms ensues.

In the second part of the seminar, we transition to more general Markov Decision Processes and discuss state-of-the-art reinforcement learning algorithms that are derived. Furthermore, we introduce established implementations such as Alpha Go/Zero and engage in discussions surrounding them. To conclude the course, all students will be assigned a minor application project.

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

Beamer, Aufgaben, Slides, jupyter notebooks, persönlicher Rechner mit Python oder Matlab um Programmiereteil der Übungsaufgaben zu bearbeiten

Literatur

T. Lattimore and C. Szepesvari (2010) Bandit Algorithms Cambridge

University Press

P. Auer, N. Cesa-Bianchi and P. Fischer (2002) Finite-time Analysis of the Multiarmed Bandit Problem. Machine Learning, 47, 23556

T. Lai and H. Robbins (1985) Asymptotically efficient adaptive allocation rules. Advances in Applied Mathematics, 6(1) :42.

Sean Meyn (2022) Control Systems and Reinforcement Learning

Dimitri P. Bertsekas (2023) A Course in Reinforcement Learning, Athena Scientific

Dimitri P. Bertsekas (2019) Reinforcement Learning and optimal Control, Athena Scientific

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Spezielle Themen der Algebra

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Modulnummer: 200459

Prüfungsnummer: 2400811

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
semester				2	1	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen nach der Vorlesung vertiefte Kenntnisse in ausgewählten Teilgebieten der Algebra. Sie konnten dabei ihr in den Modulen Lineare Algebra I/II und Algebra erworbenes Wissen über typische Methoden der Algebra erweitern und sind somit befähigt, anspruchsvollere algebraische Sachverhalte zu verstehen. Nach den Übungen sind die Studierenden in der Lage, die in der Vorlesung erlernten Begriffe und Methoden auf konkrete Beispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra 1/2 sowie Algebra.

### Inhalt

Theorie und Anwendungen Endlicher Körper:

1. Grundlagen Endlicher Körper (Existenz&Eindeutigkeit, Struktur, Polynome,...)
2. Endliche Körper in verschiedenen kombinatorischen Strukturen (Endliche Geometrien, Lateinische Quadrate, Blockdesigns, Hadamard-Matrizen)
3. Anwendungen endlicher Körper in zeitdiskreten linearen Systemen, Codierungstheorie, Kryptographie

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

### Tafel

### Literatur

"Finite fields and applications", G. L. Mullen und C. Mummert, Student Mathematical Library, AMS, 2007.

"Finite Fields", R. Lidl und H. Niederreiter, Cambridge University Press, 1997.

"Introduction to finite fields and their applications", R. Lidl und H. Niederreiter, Cambridge University Press, 1994.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Adaptive Regelung

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

Fachnummer: 200430      Prüfungsnummer: 2400782

Fachverantwortlich: 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 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 Funnel) für skalare Systeme. Charakterisierungen von strukturellen Systemeigenschaften multivariabler Systeme: Relativgrad, Nulldynamik. Verschiedene adaptive Regler (konventionell,  $\lambda$ - und Funnel) 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

## Globale Optimierung

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 200449

Prüfungsnummer: 2400801

Fachverantwortlich: 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	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	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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Numerik partieller Differentialgleichungen

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 200417      Prüfungsnummer: 2400769

Fachverantwortlich: 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Numerische Verfahren der konvexen Optimierung

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

Fachnummer: 200445      Prüfungsnummer: 2400797

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Gabriele Eichfelder

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 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			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Den Studierenden wurde in der Vorlesung und Übung sowohl der vertiefende Charakter im Vergleich z.B. zur Grundlagenveranstaltung "Optimierung", als auch der hier stärker ausgeprägte numerische Aspekt der Veranstaltung bewusst. Im Verlauf der Vorlesung lernten sie dabei tiefergehende mathematische Ansätze für die numerische Behandlung von Problemstellungen der unrestringierten und restringierten Optimierung anhand von ausgewählten Verfahren (einschließlich der dafür beweisbaren mathematischen Aussagen beispielsweise hinsichtlich der Konvergenzgeschwindigkeit) kennen und zu verstehen. Weiterhin sind die Studierenden in die Lage versetzt, die verschiedenen vorgestellten Verfahren untereinander beispielsweise hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile oder auch ihrer praktisch relevanten Grenzen zu klassifizieren bzw. zu vergleichen. In der Übung konnten diese gewonnenen Erkenntnisse angewendet werden, um beispielsweise ergänzende theoretische Untersuchungen zu vollziehen, die Verfahren softwaretechnisch zu implementieren sowie diese Implementierungen vergleichend auf hinlänglich bekannte und akzeptierte Testinstanzen anzuwenden. Ein wichtiger Bestandteil dieser vorgenommenen Betrachtungen war der Vergleich und die anschließende kritische Bewertung der erhaltenen Ergebnisse durch die Studierenden. Sie sind durch die Übungen auch befähigt Anmerkungen zu beachten und Kritik zu würdigen. Das in dieser Vorlesung erlangte Wissen bildet somit einen wichtigen Grundstock für weitergehende Betrachtungen und Untersuchungen hinsichtlich numerischer Verfahren der unrestringierten und restringierten Optimierung, beispielsweise im Rahmen von Abschlussarbeiten oder auch Forschungsprojekten. Die Studierenden sind darüber hinaus in die Lage versetzt, in ihrer beruflichen Praxis die kennengelernten Verfahren erfolgsorientiert in Kooperation mit Kollegen anderer Fachgebiete anzuwenden und die Ergebnisse in ihrem späteren beruflichen Umfeld mit der notwendigen mathematischen Kompetenz zu untermauern.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse der Optimierung

### Inhalt

numerische Verfahren der kontinuierlichen unrestringierten und restringierten konvexen Optimierung wie Quasi-Newton-Verfahren, Trust-Region-Verfahren, SQP-Verfahren

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

Tafel, Beamer, Computer

### Literatur

- C. Geiger und C. Kanzow, Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben (Springer, Berlin, 1999).
- C. Geiger und C. Kanzow, Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben (Springer, Berlin, 2002).
- F. Jarre und J. Stoer, Optimierung (Springer, Berlin, 2004).

### Detaillangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4725>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Stochastische Prozesse

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

Fachnummer: 200450      Prüfungsnummer: 2400802

Fachverantwortlich: 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Bayesianische Daten Assimilation

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

Fachnummer: 201204      Prüfungsnummer: 2400898

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jana de Wiljes

Leistungspunkte: 10      Workload (h): 300      Anteil Selbststudium (h): 232      SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2414

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 nach Abschluss dieses Modules in der Lage sein, die Grundlagen der Bayesianischen Sequentiellen Zustands- und Parameterschätzung umfassend zu verstehen. Hierzu zählt nicht nur ein klares Verständnis der mathematischen Herleitungen der gängigen Standardmethoden wie Filter und Smoother in der Data Assimilation, sondern auch die Fähigkeit zur Analyse ihrer Stabilität und ihres Langzeitverhaltens.

Darüber hinaus sind die Studierenden befähigt, eigenständig gängige sequentielle Filter-Algorithmen zu implementieren. Diese Kenntnisse können sie anschließend auf vereinfachte Beispielszenarien aus Bereichen wie Meteorologie, personalisierte Medizin und Weltraumwetter anwenden.

Am Ende des Kurses können die Studierenden nicht nur die Theorie verstehen, sondern haben auch praktische Fertigkeiten entwickelt, um diese Konzepte in realen Anwendungen anzuwenden. Dieser Kurs bietet somit eine umfassende Vorbereitung auf eigenständige Forschung im Bereich Bayesianischer Inverser Probleme.

Upon completion of this course, students will be able to thoroughly comprehend the fundamentals of Bayesian Sequential State and Parameter Estimation. This encompasses not only a clear understanding of the mathematical derivations of common standard methods such as filters and smoothers in Data Assimilation, but also the ability to analyze their stability and long-term behavior.

Furthermore, students will be equipped to independently implement prevalent sequential filtering algorithms. They can subsequently apply these skills to simplified example scenarios from domains such as meteorology, personalized medicine, and space weather.

By the end of the course, students will not only grasp the theory but also have developed practical skills to apply these concepts in real-world applications. As such, this course offers comprehensive preparation for independent research in the realm of Bayesian Inverse Problems.

**Vorkenntnisse**

Grundlagen der Analysis, Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Python Programmierung oder Matlab Programmierung

**Inhalt**

1. Einführung in Datenassimilation und Filtermethoden in vielfältigen Anwendungsbereichen

Die Datenassimilation ist eine faszinierende interdisziplinäre Disziplin, die es ermöglicht, Modelle und Beobachtungsdaten zu verschmelzen, um präzise Schätzungen von Zuständen oder Prozessen zu erzielen. In diesem Kurs werden wir mit fesselnden Beispielen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen wie der Medizin, Klimaforschung und Weltraumwettervorhersagen starten. Wir befassen uns mit der Aktualisierung der essenziellen Grundlagen in den Bereichen Statistik, Stochastik, Numerik und dynamischen Systemen. Anschließend werden wir die mathematische Herleitung von Standardfiltern wie dem Kalman-Filter, Particle Filter, Ensemble Kalman-Filter, variationellen Methoden und Smoothern untersuchen.

## 2. Ausführliche algorithmische Studien und Implementierung anhand von Toy-Modellen

Wir werden uns eingehend mit der Implementierung von Methoden auseinandersetzen und eigenständig Toy-Modelle verschiedenster Art erstellen. Dies ermöglicht es uns, ein tieferes Verständnis für die Funktionsweise der Methoden zu entwickeln und sie in einem kontrollierten Umfeld praktisch anzuwenden.

## 3. Analysen zur Stabilität und Langzeitverhalten der vorgestellten Methoden

Wir werden gründliche Analysen zur Stabilität und zum Langzeitverhalten der vorgestellten Methoden durchführen. Dies ist von entscheidender Bedeutung, um das Verhalten der Methoden über verschiedene Zeiträume und unter verschiedenen Bedingungen zu verstehen.

## 4. Erweiterungen der Standardfilter wie hierarchische Algorithmen oder hybride Filtermethoden

Darüber hinaus werden wir uns mit Erweiterungen der Standardfilter beschäftigen, zum Beispiel mit hierarchischen Algorithmen oder hybriden Filtermethoden. Diese Fortentwicklungen erlauben es, die Leistungsfähigkeit der Filter in komplexen Szenarien noch weiter zu optimieren.

## 1. Introduction to Data Assimilation and Filtering Methods in Diverse Application Areas

Data assimilation is a fascinating interdisciplinary field that enables the fusion of models and observational data to achieve accurate estimations of states or processes. In this course, we will commence with captivating examples from various application domains such as medicine, climate research, and space weather forecasting. We will delve into refreshing the essential fundamentals in areas including statistics, stochastic processes, numerical methods, and dynamic systems. Subsequently, we will explore the mathematical derivation of standard filters such as the Kalman filter, particle filter, ensemble Kalman filter, variational methods, and smoothers.

## 2. Comprehensive Algorithmic Studies and Implementation Using Toy Models

We will thoroughly engage in the implementation of methods and independently create toy models of various kinds. This will enable us to develop a deeper understanding of the functioning of these methods and practically apply them in a controlled environment.

## 3. Analyses of Stability and Long-Term Behavior of Presented Methods

We will conduct thorough analyses of the stability and long-term behavior of the introduced methods. This is of paramount importance in comprehending the behavior of the methods across different timeframes and under various conditions.

## 4. Extensions of Standard Filters, Such as Hierarchical Algorithms or Hybrid Filter Methods

Moreover, we will delve into extensions of standard filters, including hierarchical algorithms or hybrid filter methods. These advancements allow for further optimization of the filters' performance in complex scenarios.

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

Beamer, Aufgaben, Slides, jupyter notebooks, persönlicher Rechner mit Python oder Matlab um Programmiereteil der Übungsaufgaben zu bearbeiten

## Literatur

1. Probabilistic Forecasting and Bayesian Data Assimilation von Sebastian Reich und Colin Cotter, Cambridge University Press

2. Data Assimilation: A Mathematical Introduction von Kody Law, Andrew Stuart und Konstantinos Zygalakis, Springer

3. Bayesian Filtering and Smoothing von Simo Särkkä, Cambridge University Press

4. An Introduction to Sequential Monte Carlo von Nicolas Chopin und Omiros Papaspiliopoulos, Springer

[Detailangaben zum Abschluss](#)

[Link zum Moodle-Kurs](#)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Differentiell-algebraische Gleichungen und Systemtheorie

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

Fachnummer: 201168      Prüfungsnummer: 2400892

Fachverantwortlich: 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			

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen grundlegenden Kenntnisse zur Lösungstheorie differentiell-algebraischer Gleichungen (Index, konsistente Anfangswerte, Normalformen) für Systeme, die durch differentiell-algebraische Gleichungen beschrieben werden, und haben systemtheoretische Kenntnisse über Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit und Zustandsreglerentwurf solcher Systeme. Sie sind mit typischen Anwendungen aus Mechanik und Elektrotechnik vertraut. Nach den Übungen können die Studierenden typische Aussagen im Themengebiet der Vorlesung beweisen und in der Lage, die erlernten Verfahren in einfachen Fällen anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra und Analysis

### Inhalt

Grundlagen differentiell-algebraischer Gleichungen, Index, konsistente Anfangswerte, Kronecker- und Weierstraß-Normalform, Modellierung elektrischer Schaltungen und mechanischer Mehrkörpersysteme, Stabilität, Steuerbarkeit, Stabilisierung durch Rückkopplung, Beobachtbarkeit, Beobachter und dynamische Regler, linear-quadratische Optimalsteuerung

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

Tafel

### 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:

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Geometrie

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 200456

Prüfungsnummer: 2400808

Fachverantwortlich: 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	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 haben einen Überblick über klassische und moderne Geometrien und können diese beschreiben, mit ihnen umgehen und sie in Beziehung setzen.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse in Analysis und (insbesondere linearer) Algebra

### Inhalt

Euclidische Geometrie inkl. Axiomatik und Konstruktionsproblemen, nichteuclidische Geometrie, projektive Geometrie, metrische Geometrie

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software, geometrische Objekte

In den Jahren, in denen das Modul nicht angeboten wird, werden bei Bedarf Lehrmaterialien zur Verfügung gestellt und Konsultationen angeboten.

### Literatur

Hartshorne, R. (2000). Geometry: Euclid and beyond. Springer, New York, NY.

Klein, Felix (1908). Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus; Teil I: Arithmetik, Algebra, Analysis. B. G. Teubner, Leipzig.

Richter-Gebert, J. (2011). Perspectives on Projective Geometry. Springer, Berlin.

Benz, W. (2012). Classical Geometries in Modern Contexts. 3. Aufl., Birkhäuser, Basel.

Scriba, C. J., Schreiber, P. (2010). 5000 Jahre Geometrie. 3. Aufl., Springer, Heidelberg.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3554>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Technische Physik 2023

Master Informatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Matroidtheorie

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 200440

Prüfungsnummer: 2400792

Fachverantwortlich: 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 Grundkenntnisse der Theorie finitärer Matroide. Sie wissen wie Matroide als Verallgemeinerung von aus den Vorlesungen über Graphentheorie und Linearer Algebra bekannten Begriffen aufgefasst werden können und verstehen den Zusammenhang zwischen Matroiden und Kombinatorischen Optimierungsproblemen. Nach den Übungen sind die Studierenden fähig, die in der Vorlesung erlernten Begriffe und Methoden auf konkrete Beispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra 1/2, Algebra, Graphen & Algorithmen

### Inhalt

I. Axiomatik finitärer Matroide II. Anwendungen III. Darstellung von Matroiden über Körpern.  
Eine schöne Ergänzung zur Graphentheorie, aber auch für Freunde der Algebra interessant.

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

Tafel und Skript

### Literatur

Die einschlägigen Lehrbücher von Oxley und Walsh, mein Skript zur Vorlesung

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modellprädiktive Regelung

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

Sprache: Deutsch/Englisch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 200416

Prüfungsnummer: 2400768

Fachverantwortlich: 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	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 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Sequenzielle Entscheidungsprozeduren

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

Sprache: Deutsch/Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 201205 Prüfungsnummer: 2400899

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jana de Wiljes

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2414							
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

Nach Abschluss dieses Kurses können die Studierenden die Grundlagen des Sequenziellen Lernens umfassend zu begreifen. Sie sind in der Lage, mathematische Abschätzungen von Schranken für den durchschnittlichen Verlust mithilfe gängiger Standardmethoden für Bandit-Probleme eigenständig herzuleiten.

Des Weiteren sind die Studierenden dazu befähigt, verbreitete Algorithmen aus dem Bereich des Verstärkungslernens, wie beispielsweise Q-Learning und Monte Carlo Tree Search, eigenständig zu implementieren und auf Anwendungsdaten aus verschiedensten Bereichen wie Vorschlagssysteme, Spiele, autonomes Fahren, Medizin und Finanzwesen anzuwenden. Dadurch bietet dieser Kurs eine solide Grundlage für eigenständige Forschung im Bereich des Sequenziellen Lernens.

Upon completing this course, students will be capable of comprehensively grasping the fundamentals of Sequential Learning. They will have the ability to independently derive mathematical estimations of bounds for average loss using common standard methods for bandit problems.

Furthermore, students will be empowered to autonomously implement prevalent algorithms from the realm of reinforcement learning, such as Q-Learning and Monte Carlo Tree Search, and apply them to application data from diverse fields like recommendation systems, gaming, autonomous driving, medicine, and finance. Thus, this course provides a sturdy foundation for independent research in the domain of Sequential Learning.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis, Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Python Programmierung oder Matlab Programmierung

### Inhalt

Wir beginnen mit einer inspirierenden Einführung, in der bedeutende Anwendungsbeispiele für das sequenzielle Lernen und Entscheidungsfindung im Kontext von Unsicherheiten erläutert werden. Viele dieser Beispiele werden uns während des gesamten Kurses begleiten und als Brücken zur realen Welt dienen. Nach einer kurzen Auffrischung der fundamentalen Konzepte der Statistik, Stochastik, linearen Algebra und Numerik, tauchen wir in die Problematik stochastischer multivariater Bandit-Probleme ein. Wir befassen uns ausführlich mit einer Vielfalt von Algorithmen, die diskutiert und auf verschiedene Datensätze angewendet werden. Anschließend erfolgt eine theoretische Vertiefung der besprochenen Algorithmen.

Im zweiten Teil des Seminars gehen wir zu allgemeineren Markov Decision Processes über und erörtern modernste Verstärkungslernalgorithmen, die mathematisch hergeleitet werden. Des Weiteren stellen wir etablierte Implementierungen wie Alpha Go/Zero vor und führen dazu Diskussionen. Zum Abschluss des Kurses werden alle Studierenden ein kleines Anwendungsprojekt erhalten.

We commence with an inspiring introduction where significant application examples of sequential learning and decision-making within the context of uncertainties are elucidated. Many of these examples will accompany us throughout the entire course, serving as bridges to the real world. Following a brief review of fundamental concepts in statistics, stochastic processes, linear algebra, and numerical methods, we delve into the intricacies of stochastic multivariate bandit problems. We extensively explore a variety of algorithms (e.g., UCB, Thompson Sampling) that are discussed and applied to diverse datasets. Subsequently, a theoretical deepening of the discussed algorithms ensues.

In the second part of the seminar, we transition to more general Markov Decision Processes and discuss state-of-the-art reinforcement learning algorithms that are derived. Furthermore, we introduce established implementations such as Alpha Go/Zero and engage in discussions surrounding them. To conclude the course, all students will be assigned a minor application project.

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

Beamer, Aufgaben, Slides, jupyter notebooks, persönlicher Rechner mit Python oder Matlab um Programmiereteil der Übungsaufgaben zu bearbeiten

#### Literatur

T. Lattimore and C. Szepesvari (2010) Bandit Algorithms Cambridge

University Press

P. Auer, N. Cesa-Bianchi and P. Fischer (2002) Finite-time Analysis of the Multiarmed Bandit Problem. Machine Learning, 47, 23556

T. Lai and H. Robbins (1985) Asymptotically efficient adaptive allocation rules. Advances in Applied Mathematics, 6(1) :42.

Sean Meyn (2022) Control Systems and Reinforcement Learning

Dimitri P. Bertsekas (2023) A Course in Reinforcement Learning, Athena Scientific

Dimitri P. Bertsekas (2019) Reinforcement Learning and optimal Control, Athena Scientific

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Spezielle Themen der Algebra

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 200459

Prüfungsnummer: 2400811

Fachverantwortlich: 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 in ausgewählten Teilgebieten der Algebra. Sie konnten dabei ihr in den Modulen Lineare Algebra I/II und Algebra erworbenes Wissen über typische Methoden der Algebra erweitern und sind somit befähigt, anspruchsvollere algebraische Sachverhalte zu verstehen. Nach den Übungen sind die Studierenden in der Lage, die in der Vorlesung erlernten Begriffe und Methoden auf konkrete Beispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra 1/2 sowie Algebra.

### Inhalt

Theorie und Anwendungen Endlicher Körper:

1. Grundlagen Endlicher Körper (Existenz&Eindeutigkeit, Struktur, Polynome,...)
2. Endliche Körper in verschiedenen kombinatorischen Strukturen (Endliche Geometrien, Lateinische Quadrate, Blockdesigns, Hadamard-Matrizen)
3. Anwendungen endlicher Körper in zeitdiskreten linearen Systemen, Codierungstheorie, Kryptographie

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

### Tafel

### Literatur

"Finite fields and applications", G. L. Mullen und C. Mummert, Student Mathematical Library, AMS, 2007.

"Finite Fields", R. Lidl und H. Niederreiter, Cambridge University Press, 1997.

"Introduction to finite fields and their applications", R. Lidl und H. Niederreiter, Cambridge University Press, 1994.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Anatomie und Physiologie

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

Modulnummer: 200309 Prüfungsnummer: 2300775

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Hartmut Witte

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Maschinenbau		Fachgebiet: 2348	

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	0	0																												

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- Die Studierenden sind in der Lage, die innere logische Gliederung der Medizin (Wissenschaft und Praxis) darzustellen und zu erläutern.
- Die Studierenden beherzigen, dass Anatomie ein Lernfach ist, und dass ohne die gelernte Beschreibung anatomischer Sachverhalte keine darauf aufbauende Anwendung möglich ist.
- Die Studierenden sind fähig, Bau und Funktionen ausgewählter Organsysteme zu beschreiben.
- Die Studierenden sind befähigt, mit Ärzten und medizinischem Hilfspersonal fachlich korrekt und terminologisch verständlich zu kommunizieren (Frage- und Antwortfähigkeit).
- Die Studierenden schätzen die Grenzen ihrer medizinischen Kenntnisse und Fähigkeiten richtig ein.
- Die Studierenden sind sich des Rechtsrahmens ärztlichen Handelns bewusst - Wem ist unter welchen Bedingungen mit Einwilligung des Patienten eine Körperverletzung erlaubt?
  - Die Studierenden finden Beurteilungsmaßstäbe für ärztliches Handeln.
- Die Studierenden entwickeln eine Werthaltung zu aktuellen Fragen der BioMedizin.
- Die Studierenden können die gelernten Sachverhalte schriftlich darlegen, schematisch skizzieren und in anatomischen Abbildungen Organe und deren Bestandteile erkennen und zuordnen.

### Vorkenntnisse

Curricularwissen Abitur in Biologie und Chemie

### Inhalt

1. Grundlagen der medizinischen Terminologie, insbesondere Terminologia anatomica
2. Allgemeine Anatomie
  - Der Systembegriff im speziellen Anwendungsfeld
  - Orientierungsbegriffe: Achsen, Ebenen, Richtungen, Lagebeschreibung
3. Anatomie und Physiologie der Organsysteme
  - Bewegungsapparat
  - Herz-Kreislauf-System incl. Blut
  - Atmungssystem
  - Verdauungsapparat
  - Exkretionssystem
  - Immunabwehr
  - Reproduktion / Embryologie
  - Zentralnervensystem (ZNS) vs. Peripheres Nervensystem (PNS)
  - Sinnesorgane und deren Physiologie
  - Endokrinologie

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

Vorlesungen zur Wissensvermittlung über nur bildlich darstellbare Merkmale - Gestalt, Struktur - und Funktionszusammenhänge ("Schaltpläne", Funktionsverläufe):

- Präsentationen in Präsenz oder online (Rechner mit Internet-Anbindung erforderlich, Internet-Browser)
- Inverted Classroom
- Nutzung von interaktiven Feedbackmechanismen (z.B. PINGO, Handy o.ä. erforderlich)
- Problem-orientiertes Lernen (POL; englisch problem-based learning PBL)
- Anschauungsobjekte
- Lehrprogramm mit interaktiven 3D-Anatomie-Animationen (Internetanbindung und Rechner mit passender Hardware und passendem Betriebssystem erforderlich)
  - Moodle-Kurs mit Bereitstellung von Videostreams und Scripten
  - Online-Sprechstunde (alle gängigen Endgeräte für Videokonferenzen)

Prüfungen:

Die Modulprüfung (sPL 120 im Prüfungszeitraum) erfolgt in Form einer "Papierprüfung" im Hörsaal. Vorlesungsbegleitend besteht im Rahmen eines Modellprojektes die Möglichkeit einer "elektronischen Leistungserbringung" in vier Teilklausuren, ebenfalls im Hörsaal. Verwendung finden dabei je nach technischen Möglichkeiten zum Zeitpunkt der Prüfung die Formate "Prüfungsmoodle" oder "EvaExam". Für beide sind erforderlich:

- Eigener Rechner mit Internetbrowser. Gewährleistet wird die Nutzungsmöglichkeit unter MS Windows, Apple-Mac-Betriebssysteme funktionieren derzeit auch ohne Probleme, aufgrund der Strategien der Betriebssystem-Überarbeitungen kann aber eine sichere Funktion nicht gewährleistet werden. Es gibt daher vor der Prüfung mit ausreichendem zeitlichen Abstand die Möglichkeit zum Testen der Funktionalität der eigenen Ausstattung anhand von "Probelaufen". Für die in die Teilnehmerlisten im Moodle Eingeschriebenen erfolgt die Information über die Details mittels der Ankündigungen aus dem Moodle heraus.
  - Die Universität gewährleistet den Informationstransfer bis zu den von ihr zur Nutzung in Internet-Browsern bereitgestellten Schnittstellen, für die Funktion der eigenen Hard- und Software (Browser) sind die Studierenden verantwortlich.

## Literatur

- G. Aumüller et al.: "Duale Reihe Anatomie", Thieme, alle Auflagen
- S. Silbernagl, A. Despopoulos: Taschenatlas der Physiologie, Thieme, alle Auflagen

## Detailangaben zum Abschluss

sPL 120, Open-Book-Klausur (in Präsenz oder bei deren Unmöglichkeit über die von der Universität angebotenen Möglichkeiten einer Online-Prüfung)

## Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Biotechnische Chemie 2021  
Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Bachelor Mechatronik 2013  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Mechatronik 2022  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung BT

## Modul: Bildverarbeitung in der Medizin 1

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

Modulnummer: 200118      Prüfungsnummer: 220479

Modulverantwortlich: Dr. Marko Helbig

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2222

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	0	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

**Fachkompetenz:** Die Studierenden kennen die einzelnen Komponenten des Bildverarbeitungsprozesses, verstehen deren Zusammenwirken. Sie wissen, mit Hilfe welcher Algorithmen und Verfahren diese Komponenten realisiert werden können, wie diese Algorithmen und Verfahren funktionieren und kennen deren Einsatzkriterien und Designmerkmale (Parameter). Die Studierenden verfügen explizit über Kenntnisse zur Repräsentation von Bildern, zur Bildvorverarbeitung, zur Segmentierung und Merkmalsextraktion und besitzen Überblickswissen zur Klassifikation von Bildern.

**Methodenkompetenz:** Die Studierenden kennen die speziellen Probleme der medizinischen Bildverarbeitung und sind in der Lage, eigenständig elementare medizinische Bildverarbeitungsprobleme zu lösen, Lösungsansätze in MATLAB umzusetzen und auf praktische Problemstellungen anwenden zu können. Sie sind befähigt, auf Basis des erworbenen Wissens auch fortgeschrittene Methoden der medizinischen Bildverarbeitung zu analysieren.  
**Sozialkompetenz:** Die Studierenden können die Bedeutung einer wirksamen Bildverarbeitung im medizinischen Entscheidungsprozess und somit für die Qualität von Diagnostik und Therapie richtig einordnen und können dies im wissenschaftlichen Diskurs kommunizieren. Sie sind bereit, ihre Erfahrungen weiterzugeben und an sie gerichtete Fragen zu beantworten.

Im Praktikum werden gezielt folgende Kompetenzen erworben: Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Problemstellungen der digitalen Verarbeitung medizinischer Bilder in der Gruppe zu lösen und verschiedene Lösungsansätze zu diskutieren, um gemeinsam die beste Lösung für eine gegebene Aufgabenstellung zu identifizieren und umzusetzen.

### Vorkenntnisse

Signale und Systeme, Grundlagen der Biosignalverarbeitung, Biosignalverarbeitung 1, Bildgebung in der Medizin 1

### Inhalt

- Im Rahmen der Vorlesung und des Seminars werden Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung mit einem speziellen Fokus auf die in der Medizintechnik relevanten Bereiche vermittelt. Im Seminar werden die behandelten Methoden zur Lösung praktischer Aufgabenstellungen mit Hilfe von MATLAB eingesetzt und diskutiert.
- Einführung in die Bildverarbeitung und Vorstellung spezieller Probleme in medizinischen Anwendungen
  - Bildrepräsentation und Bildeigenschaften im Ortsbereich und im Ortsfrequenzbereich (zweidimensionale Fouriertransformation)
  - Bildvorverarbeitung (lineare diskrete Operatoren, Bildrestauration, Bildregistrierung, Bildverbesserung)
  - Segmentierung (Pixelbasierte Segmentierung, Regionenbasierte Segmentierung, Kantenbasierte Segmentierung, Wasserscheidentransformation, Modellbasierte Segmentierung)
  - Morphologische Operationen
  - Merkmalsextraktion

- Einführung in die Klassifikation  
Zugehöriger Praktikumsversuch: Bildverarbeitung

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

- Vorlesung: Folien und Tafel
- Seminar: Rechentechnisches Kabinett, Folien, Whiteboard
- Praktikum: Laborrechner

#### Literatur

1. Klaus D. Tönnies, "Grundlagen der Bildverarbeitung", Pearson Studium, 1. Auflage, 2005.
2. Heinz Handels, "Medizinische Bildverarbeitung", Vieweg + Teubner, 2. Auflage, 2009.
3. Bernd Jähne, "Digitale Bildverarbeitung", Springer, 6. Auflage, 2005.
4. Angelika Erhardt, "Einführung in die Digitale Bildverarbeitung", Vieweg + Teubner, 1. Auflage, 2008.
5. Rafael C. Gonzales and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Pearson International, 3. Edition, 2008.
6. Geoff Dougherty, "Digital Image Processing for Medical Applications", Cambridge University Press, 1. Edition, 2009.
7. William K. Pratt, "Digital Image Processing", Wiley, 4. Edition, 2007.
8. Wilhelm Burger and Mark J. Burge, "Principles of Digital Image Processing - Core Algorithms", Springer, 1. Edition, 2009.
9. John L. Semmlow, "Biosignal and Medical Image Processing", CRC Press, 2. Edition, 2009.

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Bildverarbeitung in der Medizin 1 mit der Prüfungsnummer 220479 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 120 Minuten mit einer Wichtung von 92% (Prüfungsnummer: 2200800)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 8% (Prüfungsnummer: 2200801)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Versuch "Bildverarbeitung"; Note ergibt sich aus Gespräch, Durchführung und Protokoll

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/enrol/index.php?id=180>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Informatik 2021  
Master Biomedizinische Technik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Bildverarbeitung in der Medizin 2

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200110	Prüfungsnummer: 220472
---------------------	------------------------

Modulverantwortlich: Dr. Dunja Jannek

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2221

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

**Fachkompetenz:** Die Studierenden haben ihre Kenntnisse über die Komponenten des Bildverarbeitungsprozesses erweitert. Sie verstehen komplexere Algorithmen bezogen auf spezielle Probleme in der medizinischen Bildverarbeitung, insbesondere zur Bilddatenkompression, dem kantenerhaltenden Entrauschen, alternativer Segmentierungsverfahren, Bilddatenregistrierung und zur Farbbildverarbeitung und der 3D-Visualisierung. Sie beherrschen die algorithmischen Grenzen einzelner Verfahren und verfügen über Fähigkeiten zur Implementierung dieser Verfahren und der parametrischen Beeinflussung.

**Methodenkompetenz:** Die Studierenden kennen die spezifischen Probleme der medizinischen Bildverarbeitung. Sie können selbständig komplexe Bildverarbeitungsprobleme im medizinischen Kontext erfassen, analysieren und speziell in den Übungen prototypische Lösungsansätze in MATLAB und vereinzelt in Python umsetzen und an realen Problemstellungen validieren. Mit einem erweiterten Algorithmeverständnis sind sie so in der Lage, auch alternative Lösungsansätze zu formulieren und auf unbekannte Probleme anzuwenden.

**Systemkompetenz:** Die Studierenden verstehen die Bildverarbeitung in der Medizin als interdisziplinäres System zur Verarbeitung und Analyse medizinischer Bilddaten unterschiedlichster Modalitäten und damit als notwendigen Bestandteil medizinischer Bildgebungssysteme, die dem Mediziner relevante Patienteninformationen auf geeignete Weise visualisieren.

**Sozialkompetenz:** Durch die Vorlesungen und Übungen sind sich die Studierenden der vielschichtigen Aspekte moderner Bildverarbeitung bewusst. Sie sind in der Lage, sich der fachspezifischen Diskussion interessiert zu stellen, Fragen zu beantworten und ihre Position klar zu kommunizieren. Dabei lernen sie, unterschiedliche Meinungen und Auffassungen zur Herangehensweise und zum Einsatz komplexer Algorithmen zur Bildverarbeitung zu akzeptieren und sich selbst zu hinterfragen.

Im Praktikum werden gezielt folgende Kompetenzen erworben:

Die Studierenden beherrschen das Verständnis für die Spezifik medizinischer Bildverarbeitungsprobleme. Mit diesem Wissen sind sie in der Lage, komplexere Fragestellungen der medizinischen Bildverarbeitung in der Gruppe zu analysieren, Lösungsansätze klar zu formulieren und Teilprobleme rechentechnisch umzusetzen durch die Anwendung forschungsorientierter und klinischer Bildverarbeitungssoftware.

Die Studierenden zeigen Interesse für die praktische Tätigkeit im Laborversuch.

### Vorkenntnisse

Bildverarbeitung in der Medizin 1, Bildgebende Systeme in der Medizin 1+2, Klinische Verfahren 1+2

### Inhalt

Speicherung von Bilddaten:

- Datenreduktion und Datenkompression, Möglichkeiten in der medizinischen Anwendung
- JPEG und JPEG2000
- Medizinische Bilddatenstandards - DICOM und Alternativen

Bildbearbeitung:

- Qualitätsmaße für Bilder
- Bildverbesserung und Bildrestauration - Kantenerhaltendes Entrauschen
- Bildregistrierung - merkmals- und voxelbasiert

Bildanalyse:

- Segmentierung - Clusterung, modellbasiert, Evaluation

- Merkmalsextraktion - Formanalyse, Texturanalyse
- Klassifikation - überwacht, unüberwacht
- Vermessung und Interpretation - Distanz, Winkel, Fläche, Volumen
- Visualisierung von Bilddaten:
- Darstellung von Grauwertbildern - Wiederholung
- Darstellung von Farbbildern - Farbmodelle, Farbbräume, Transformation, Analyse
- 3D-Visualisierung - Surface-Rendering, Volume-Rendering, Beleuchtung und Schattierung

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

##### Vorlesung

Medienform: Tafel, Mitschriften, computergestützte Präsentationen, Arbeitsblätter, Übungsaufgaben, Demonstrationen

##### Seminar

Medienform: Rechentechnisches Kabinett, computergestützte Präsentationen, Whiteboard

#### Literatur

- Birkfellner, Wolfgang (2014): Applied medical image processing. A basic course. Boca Raton: Taylor & Francis, 2nd edition.
- Burger, Wilhelm; Burge, Mark James (2009): Principles of digital image processing. London: Springer.
- Demirkaya, Omer; Asyali, Musa Hakan; Sahoo, Prasanna (2009): Image processing with MATLAB. Applications in medicine and biology. Boca Raton: CRC Press.
- Dougherty, Geoff (2011): Medical Image Processing. New York: Springer.
- Gonzalez, Rafael C.; Woods, Richard E. (2018): Digital image processing. 4. Aufl. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Gonzalez, Rafael C.; Woods, Richard E.; Eddins, Steven L. (2009): Digital Image processing using MATLAB. 2. Aufl. United States: Gatesmark Publishing.
- Handels, Heinz (2009): Medizinische Bildverarbeitung. Bildanalyse, Mustererkennung und Visualisierung für die computergestützte ärztliche Diagnostik und Therapie. 2. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Jähne, Bernd. (2012): Digitale Bildverarbeitung und Bildgewinnung. Springer Vieweg.
- Preim, Bernhard; Botha, Charl P. (2014): Visual Computing for Medicine: Theory, Algorithms, and Applications. 2.Aufl. Elsevier/ Morgan Kaufmann.
- Tönnies, Klaus D. (2017): Guide to medical image analysis: methods and algorithms. 2. Aufl. London: Springer

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Bildverarbeitung in der Medizin 2 mit der Prüfungsnummer 220472 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 92% (Prüfungsnummer: 2200785)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 8% (Prüfungsnummer: 2200786)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Praktikumsversuch Bildverarbeitung in der Medizin 2; Note ergibt sich aus Testatgespräch, Durchführung und Protokoll

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmeneau.de/enrol/index.php?id=176>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Biomedizinische Technik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Biosignalverarbeitung 1

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

Modulnummer: 200098      Prüfungsnummer: 2200765

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Husar

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2222

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

- **Fachkompetenz:** Die Studierenden kennen die wichtigsten Biosignale im Amplituden- und Frequenzverhalten sowie ihre stochastischen Eigenschaften.
- **Methodenkompetenz:** Die Studierenden sind in der Lage, grundlegende Algorithmen und Abläufe zur statistischen Beschreibung von Biosignalen zu analysieren und zu verstehen. Sie besitzen die Kompetenz, aus der Vielzahl der zur Verfügung stehenden Methoden die relevanten Ansätze zur Lösung einer speziellen Analyseaufgabe auszuwählen und die Möglichkeiten und Beschränkungen dieser zu bewerten.
- **Sozialkompetenz:** Die Studierenden sind in der Lage, Lösungsansätze und MatLab-Programme, welche in der Übung entworfen werden, im Team zu diskutieren und zu beurteilen. Sie können dabei ihre eigenen Argumente und Gedanken klar kommunizieren, sowie die Beiträge anderer Studierender wertschätzen.

### Vorkenntnisse

- Signale und Systeme
- Mathematik
- Medizinische Grundlagen
- Elektro- und Neurophysiologie
- Elektrische Messtechnik
- Prozessmess- und Sensortechnik

### Inhalt

- Grundlagen der Statistik zur Analyse stochastischer Prozesse
- Stationarität, Ergodizität, Ensemblemodell
- Leistungsdichtespektrum: Direkte und Indirekte Methoden
- Fensterung von Biosignalen
- Periodogramm: Methoden nach Bartlett und Welch
- Schätzung von Korrelationsfunktionen: Erwartungstreue und Biasbehaftete Methoden
- Kreuzleistungsdichte und Kohärenz
- Spektrale Schätzung mit parametrischen Modellen, lineare Prädiktion
- Fourierreihe und -transformation, DFT, FFT
- Methoden der Zeit-Frequenzanalyse, Zeitvariante Verteilungen
- STFT und Spektrogramm
- Wavelets: Theorie und algorithmische sowie technische Umsetzung

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

Folien mit Beamer für die Vorlesung, Tafel, Computersimulationen. Whiteboard und rechentechnisches Kabinett für das Seminar

### Literatur

1. Bronzino, J. D. (Ed.): The Biomedical Engineering Handbook, Vol. I + II, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton 2000
2. Husar, P.: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik, Springer, 2020, 2. Auflage von Biosignalverarbeitung, Springer, 2010.
3. Akay M.: Time-Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing. IEEE Press, 1998
4. Bendat J., Piersol A.: Measurement and Analysis of Random Data. John Wiley, 1986
5. Hofmann R.: Signalanalyse und -erkennung. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1998
6. Proakis, J.G, Manolakis, D.G.: Digital Signal Processing, Pearson Prentice Hall, 2007

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/enrol/index.php?id=169>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Technische Physik 2023  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung BT

## Modul: Biosignalverarbeitung 2

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

Modulnummer: 200117      Prüfungsnummer: 220478

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Husar

Leistungspunkte: 5	Workload (h):150	Anteil Selbststudium (h):108	SWS:3.75																						
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet:2222																						
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	
semester																									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- **Fachkompetenz:** Die Studierenden kennen die Biosignale und ihre Eigenschaften im dynamischen Zeit-Frequenz-Verbundbereich, im Raum-Zeit-Verbundbereich sowie die Eigenschaften verschiedener Ableitungsreferenzen, ihre Theorie und Eigenschaften im realen Bereich. Sie kennen die Eigenschaften von 2D- und 3D- Aktivitätsmaps sowie von Ähnlichkeitsrepräsentationen. Sie kennen praktische Rahmen- und Applikationsbedingungen im experimentellen Labor sowie in der Klinik.
- **Methodenkompetenz:** Die Studierenden sind in der Lage, für eine konkrete Aufgabe der Biosignalverarbeitung und/oder -analyse eine geeignete Methode aus dem Bereich der Zeit-Frequenz-Analyse und/oder der Raum-Zeit-Analyse auszuwählen, ihre Wirksamkeit zu prüfen und zu bewerten sowie diese an die spezifischen Anforderungen anzupassen. Nach Absolvieren der Praktika sind sie in der Lage, elektrische Biosignale (EEG, EKG) in realen Messanordnungen experimentell zu erfassen und die Eigenschaften der Signale und Messsysteme zu analysieren. Sie können erlernte Methoden hinsichtlich ihrer Eignung für die Therapie und Diagnostik beurteilen. Die Studierenden sind in der Lage, eigene Erfassungs- und Analysesysteme an praktischen Aufbauten und Entwicklungssystemen (Embedded System, FPGA, Analogelektronik) zu konstruieren.
- **Sozialkompetenz:** Die Studierenden sind in der Lage, Aufgaben zur Erfassung und Analyse von Biosignalen in Gruppen zu lösen und dabei ihre eigene Meinung klar und strukturiert zu vertreten, sowie die Beiträge anderer Studierender wert zu schätzen. Sie sind durch die Praktika in der Lage, Zusammenarbeit zu koordinieren und Arbeiten sinnvoll aufzuteilen.

### Vorkenntnisse

- Signale und Systeme
- Biosignalverarbeitung 1
- Biostatistik
- Elektro- und Neurophysiologie
- Elektrische Messtechnik
- Prozessmess- und Sensortechnik

### Inhalt

- Zeitvariante Verteilungen: Signaldynamik, Instationarität, zeitliche und spektrale Auflösung
- Methodik: lineare und quadratische Zeit-Frequenz-Analysemethoden
- Wignerbasierte Verteilungen
- Lineare zeitvariable Filter
- Signalverarbeitung in Raum-Zeit, Array Signal Processing: Theorie des Beamforming, Praktikable Ansätze für Beamforming, räumliche Filterung, adaptive Beamformer
- Ableitungsreferenzen
- Topographie und Mapping räumlicher Biosignale
- Signalzerlegung: Orthogonale PCA, Unabhängige ICA
- Artefakterkennung und -elimination in verschiedenen Signaldomänen: Zeit, Frequenz, Raum, Verbunddomänen, Adaptive Filter in Zeit und Raum
- EKG: Entstehung, Ausbreitung, physiologische und pathologische Muster, Diagnostik, automatisierte Detektion,

#### Applikation

- Ähnlichkeitsmaße und Vergleich in Zeit, Frequenz und Raum

#### Praktikumsversuche

- EKG-Signalanalyse
- EMG-Signalanalyse
- EEG-Signalanalyse

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

Folien mit Beamer für die Vorlesung, Tafel, Computersimulationen. Whiteboard und rechentechnisches Kabinett für das Seminar

#### Literatur

1. Bronzino, J. D. (Ed.): The Biomedical Engineering Handbook, Vol. I + II, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton 2000
2. Husar, P.: Biosignalverarbeitung, Springer, 2010
3. Akay M.: Time Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing. IEEE Press, 1998
4. Bendat J., Piersol A.: Measurement and Analysis of Random Data. John Wiley, 1986
5. Hofmann R.: Signalanalyse und -erkennung. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1998
6. Hutten H.: Biomedizinische Technik Bd.1 u. 3. Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, 1992
7. Proakis, J.G, Manolakis, D.G.: Digital Signal Processing, Pearson Prentice Hall, 2007

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Biosignalverarbeitung 2 mit der Prüfungsnummer 220478 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 76% (Prüfungsnummer: 2200798)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 24% (Prüfungsnummer: 2200799)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Praktikumsversuche EKG, EEG, EMG

Note ergibt sich aus Protokoll und Gespräch

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/enrol/index.php?id=170>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Biomedizinische Technik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Technische Physik 2023

## Modul: Grundlagen der Biosignalverarbeitung

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200097 Prüfungsnummer: 220463

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Husar

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 102 SWS: 4.25  
Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2222

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 V / 2 Ü / 0,25 P																										

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- **Fachkompetenz:** Die Studierenden kennen nach der Vorlesung sensorische Systeme zur Erfassung mechanischer, elektrischer und magnetischer Größen am Menschen sowie ihre Eigenschaften aus Sicht der Biosignalverarbeitung. Sie kennen grundlegende Strukturen zur Verstärkung und Digitalisierung von Biosignalen.
- **Methodenkompetenz:** Die Studierenden sind insbesondere nach den Übungen und dem Praktikum in der Lage, die grundlegenden Eigenschaften von medizinischen Messgrößen einzuschätzen und dafür geeignete Messsysteme auszuwählen. Sie sind in der Lage, einfache digitale Filter zu entwerfen und diese entsprechend einzusetzen.
- **Sozialkompetenz:** Die Studierenden lernen in Gruppen den Umgang mit Methoden der Biosignalverarbeitung und mit Matlab. Sie sind in der Lage, im Team Algorithmen zu entwerfen und zu diskutieren. Sie beherzigen Anmerkungen und würdigen die Leistungen ihrer Mitkommilitonen.

### Vorkenntnisse

- Regelungs- und Systemtechnik
- Signale und Systeme
- Elektrotechnik
- Mathematik
- Grundlagen der Schaltungstechnik
- Medizinische Grundlagen
- Anatomie und Physiologie
- Elektro- und Neurophysiologie
- Technische Informatik
- Elektronik
- Elektrische Messtechnik
- Prozessmess- und Sensortechnik

### Inhalt

- Einführung in die Problematik der medizinischen Messtechnik und Signalverarbeitung
- Sensoren für die medizinische Messtechnik: Messung elektrischer und nichtelektrischer Größen
- Besonderheiten der medizinischen Messverstärkertechnik: Differenzverstärker, Guardingtechnik
- Störungen bei medizintechnischen Messungen - ihre Erkennung und Reduktion
- Analoge Filterung, Signalkonditionierung
- Zeitliche Diskretisierung von Biosignalen: Besonderheiten bei instationären Prozessen
- Digitalisierung von Biosignalen: AD-Wandler für den medizintechnischen Bereich
- Prinzip, Analyse und Synthese digitaler Filter
- Adaptive Filterung

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

Medienform: Folien mit Beamer für die Vorlesung, Tafel, Computersimulationen. Whiteboard und rechen technisches Kabinett für das Seminar

## Literatur

1. John L. Semmlow: Biosignal and Medical Image Processing, CRC Press, 2. Edition, 2009.
2. Hutten, H. (Hrsg.), Biomedizinische Technik Bd. 1, Springer-Verlag Berlin/Heidelberg/New York, 1993
3. Meyer-Waarden, K.: Bioelektrische Signale und ihre Ableitverfahren, Schattauer-Verlag Stuttgart/New York 1985
4. Webster, J.G. (Ed.): Medical Instrumentation - Application and Design, Houghton Mifflin Co. Boston/Toronto, 1992
5. Bronzino, J. D. (Ed.): The Biomedical Engineering Handbook, Vol. I + II, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton 2000
6. Husar, P.: Biosignalverarbeitung, Springer, 2010

## Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Grundlagen der Biosignalverarbeitung mit der Prüfungsnummer 220463 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 120 Minuten mit einer Wichtung von 92% (Prüfungsnummer: 2200763)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 8% (Prüfungsnummer: 2200764)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Versuch Basisalgorithmen der Biosignalverarbeitung; Note ergibt sich aus dem Kolloquium und Versuchsprotokoll.

## Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/enrol/index.php?id=777>

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Technische Physik 2023  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung BT

## Modul: KIS, Telemedizin, eHealth

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

Modulnummer: 200119 Prüfungsnummer: 220480

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Husar

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2222

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 besitzen nach der Vorlesung Grundkenntnisse über Datenverarbeitungsaufgaben und Informationssysteme im Krankenhaus und in der modernen Gesundheitsversorgung. Sie kennen den Rechtsrahmen ärztlichen Handelns (Datenschutz) und die daraus abgeleiteten Aufgaben (Datensicherheit). Die Studierenden kennen Struktur und Architektur heutiger Krankenhausinformationssysteme und telemedizinischer Anwendungen, die damit verbundenen spezifischen Problemfelder und die Anforderungen an Hard- und Software. Die Studierenden können nach den Übungen adäquate Aufgaben aus dem klinischen Umfeld analysieren, bewerten und geeignete Lösungsansätze entwickeln. Sie können diese informationstechnischen Sachverhalte im Rahmen von Vorträgen klar und korrekt kommunizieren und auch in interdisziplinären Teams vertreten. Sie sind hierfür in der Lage, Argumentationen zu Fragenstellungen zu entwerfen und ihre Erkenntnisse und Meinungen zu vertreten sowie konstruktive Diskussionen zu akzeptieren und wertzuschätzen. Sie sind nach Absolvieren des Praktikums in der Lage, die Grundprinzipien und Funktionsweisen sowie die damit verbundenen Vor- und Nachteile der elektronischen Führung von Patientenakten zu verstehen und zu bewerten und ihre Rolle für das Krankenhausinformationssystem zu beurteilen. Den erlernten praktischen Umgang mit Teilsystemen des Krankenhausinformationssystems wie der elektronischen Patientenakte weisen die Studierenden in der praktischen Studienleistung nach.

### Vorkenntnisse

Grundlegende med. Begriffe, Grundkenntnisse in Datenbanken und Software Engineering, Krankenhausökonomie / Krankenhausmanagement

### Inhalt

- Krankenhausinformationssystem - Definition, Bestandteile, Struktur und Architektur
- Krankenhausinformationssystem - Management-Komponenten, Patientenverwaltung, Abrechnung
- Klinische Subsysteme, Operationsmanagement, Labor, Pflege, Intensivmedizin, , Qualitätssicherung
- Kommunikationsstandards - HL7, DICOM, andere
- Medizinische Dokumentation - Ziele, Umsetzung, konventionelle und elektronische Patientenakte, klinische Basisdokumentation
- Datenschutz und Datensicherheit
- Telemedizin - Definition, Anwendungen; Telemedizinische Standards, Home-Monitoring
- Elektronische Gesundheitskarte - Telematik-Infrastruktur, Architektur, Anwendungen

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

Medienform: Powerpoint-Folien, Tafel, studentische Vorträge

### Literatur

. Lehmann, T.: Handbuch der Medizinischen Informatik. Hanser 2005  
 . Kramme, R. (Hrsg.): Medizintechnik - Verfahren. Systeme, Informationsverarbeitung. Springer 2002  
 . Haas, P.: Medizinische Informationssysteme und elektronische Krankenakte. Springer 2005  
 . Jähn, K.: e-Health. Springer 2004  
 . Herbig, B.: Informations- und Kommunikationstechnologien im Krankenhaus. Schattauer 2006  
 . Leimer u.a.: Medizinische Dokumentation. Schattauer, 2012  
 . Gärtner: Gärtner, Medizintechnik und Informationstechnologie. TÜV Media GmbH

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul KIS, Telemedizin, eHealth mit der Prüfungsnummer 220480 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 92% (Prüfungsnummer: 2200802)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 8% (Prüfungsnummer: 2200803)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
Praktikumsversuch "Elektronische Patientenakte"

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/enrol/index.php?id=721>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Informatik 2021  
Master Biomedizinische Technik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung BT

## Modul: Modellierung in der Biomedizinischen Technik

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

Modulnummer: 200139 Prüfungsnummer: 2200834

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jens Hauelsen

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Informatik und Automatisierung		Fachgebiet: 2221	

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 und verstehen die Modellierungsstrategien in biologischen Systemen, können diese analysieren, bewerten und anwenden. Die Studierenden sind in der Lage für gegebene Teilsysteme Modelle zu entwerfen. Die Studierenden besitzen Fach- und Methodenkompetenz bei Kompartimentmodellen, Modellierung in der Neurophysiologie und in der Elektromedizin. Die Studierenden sind in der Lage grundlegende Sachverhalte der Biomedizinischen Technik klar und korrekt zu kommunizieren. Die Studierenden kennen und verstehen die Grundlagen zur Entstehung von bioelektromagnetischen Signalen sowie deren Eigenschaften und sind in der Lage Modellierungsansätze für bioelektromagnetische Signale zu analysieren und zu bewerten. Sie sind in der Lage beim Syntheseprozess dieser Modelle mitzuwirken. Die Studierenden sind in der Lage Systemkompetenz für Modellierung in der Biomedizinische Technik in interdisziplinären Teams zu vertreten. Die Studierenden erkannten im Rahmen der Diskussionen in den Vorlesungen und Seminaren, wie divers die Auffassungen ihrer Kommilitonen in Bezug auf Modellierung in der Biomedizinische Technik sein können. Sie können dadurch besser die verschiedenen Herangehensweisen an diese Thematiken nachvollziehen und sind in der Lage, diese im Verlauf der Veranstaltung für ihr eigenes Handeln zu berücksichtigen. Sie können am wissenschaftlichen Diskurs aktiv teilnehmen und sind bereit an sie gerichtete Fragen zu beantworten. Die Seminare vermitteln die Fähigkeit, unterschiedliche Auffassungen zu Modellierung in der Biomedizinische Technik zu akzeptieren und anzuerkennen. Neben dem Vertreten der eigenen Überzeugung sind die Studierenden auch in der Lage, andere Meinungen zuzulassen und im Kontext ihre eigene zu hinterfragen.

### Vorkenntnisse

Mathematik 1-3, Physik 1-2, Anatomie und Physiologie, Einführung in die Neurowissenschaften, Allgemeine Elektrotechnik 1-3, Theoretische Elektrotechnik

### Inhalt

Einführung: Begriffsdefinition, Einordnung und Historie der Biomedizinischen Technik, Klassifizierung und Strukturierung Biomedizinischer Technik, Medizintechnik als Wirtschaftsfaktor, Spezifik der Modellierung biologischer Systeme, Modell und Experiment, Modellierungsstrategien in Physiologie und Medizin  
 Modellierung bioelektrischer & biomagnetischer Phänomene: Entstehung von bioelektromagnetischen Signalen, Eigenschaften von bioelektromagnetischen Signalen, Volumenleitermodelle, Quellmodelle, Sensormodelle, Quellenlokalisierung, Validierung  
 Kompartimentmodelle: Grundlagen, Parameterschätzung, medizinische Anwendungen

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

#### Vorlesung

Medienform: Tafel, Mitschriften, Folien, computerbasierte Präsentationen, Demonstration, Übungsaufgaben

### Literatur

Morgenstern U, Kraft M (Hrsg.): Biomedizinische Technik: Faszination, Einführung, Überblick, De Gruyter, Berlin, 2014  
 Bronzino JD, Peterson DR (Ed.): The Biomedical Engineering Handbook, CRC Press, Boca Raton, 2018  
 Malmivuo, J.: Bioelectromagnetism, Oxford University Press, 1995

## Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmeneau.de/enrol/index.php?id=155>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung BT

## Modul: Neuroinformatik und Maschinelles Lernen

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

Modulnummer: 200081 Prüfungsnummer: 220451

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	V	S	P			
				2	1	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Im Modul "Neuroinformatik und Maschinelles Lernen" haben sich die Studierenden die konzeptionellen, methodischen und algorithmischen Grundlagen der Neuroinformatik und des Maschinellen Lernens angeeignet. Sie haben die grundsätzliche Herangehensweise dieser Form des Wissenserwerbs, der Generierung von Wissen aus Beobachtungen und Erfahrungen verstanden. Sie verfügen über das Verständnis, wie ein künstliches System aus Trainingsbeispielen lernt und diese nach Beendigung der Lernphase verallgemeinern kann, wobei die Beispiele nicht einfach auswendig gelernt werden, sondern das System "erkennt" Muster und Gesetzmäßigkeiten in den Lerndaten. Die Studierenden haben die wesentlichen Konzepte, Lösungsansätze sowie Modellierungs- und Implementierungstechniken beim Einsatz von neuronalen und probabilistischen Methoden der Informations- und Wissensverarbeitung kennen gelernt. Die Studierenden sind in der Lage, praxisorientierte Fragestellungen aus dem o. g. Problembereich zu analysieren, durch Anwendung des behandelten Methodenspektrums auf Fragestellungen aus den behandelten Bereichen (Signal-, Sprach- und Bildverarbeitung, Robotik und autonome Systeme, Assistenzsysteme, Mensch-Maschine Interaktion) neue Lösungskonzepte zu entwerfen und algorithmisch (Fokus auf Python) umzusetzen sowie bestehende Lösungen zu bewerten.

Exemplarische Software-Implementationen neuronaler Netze für unüberwachte und überwachte Lern- und Klassifikationsprobleme (Fokus auf Python) - Teilleistung 2

Die Studierenden haben nach dem Praktikum somit auch verfahrensorientiertes Wissen, indem für reale Klassifikations- und Lernprobleme verschiedene neuronale Lösungsansätze theoretisch behandelt und praktisch umgesetzt wurden. Im Rahmen des Pflichtpraktikums wurden die behandelten methodischen und algorithmischen Grundlagen der neuronalen und probabilistischen Informationsverarbeitungs- und Lernprozesse durch die Studierenden mittels interaktiver Demo-Applets vertieft und in Gesprächsgruppen aufgearbeitet. Nach intensiven Diskussionen während der Übungen und zur Auswertung des Praktikums können die Studierenden Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

keine

### Inhalt

Die Lehrveranstaltung vermittelt das erforderliche Methodenspektrum aus theoretischen Grundkenntnissen und praktischen Fähigkeiten zum Verständnis, zur Implementierung und zur Anwendung neuronaler und probabilistischer Techniken des Wissenserwerbs durch Maschinelles Lernen aus Erfahrungsbeispielen sowie zur Informations- und Wissensverarbeitung in massiv parallelen Systemen. Sie vermittelt sowohl Faktenwissen, begriffliches und algorithmisches Wissen aus folgenden Themenkomplexen:

Intro: Aktuelle Highlights der KI und des Maschinellen Lernens (inkl. ChatGPT), Begriffsbestimmung, Literatur, Lernparadigmen (Unsupervised / Reinforcement / Supervised Learning), Haupteinsatzgebiete (Klassifikation, Clusterung, Regression, Ranking), Historie, erste Grundlagen zu Deep Learning

A: Neuronale Basisoperationen und Grundstrukturen:

- Neuronenmodelle: Biologisches Neuron, Integrate & Fire Neuron, Formale Neuronen
- Netzwerkmodelle: Grundlegende Verschaltungsprinzipien & Architekturen

B: Lernparadigmen und deren klassische Vertreter:

- Unsupervised Learning: Vektorquantisierung, Self-Organizing Feature Maps , Neural Gas, k-Means Clustering
- Reinforcement Learning: Grundbegriffe, Q-Learning
- Supervised Learning: Perzeptron, Multi-Layer-Perzeptron & Error-Backpropagation-Lernregel, Support Vector Machines (SVM), Radial-Basis-Funktion (RBF) Netze

C: Moderne Verfahren für große Datensets

- Deep Neural Networks: Grundidee, Arten, Convolutional Neural Nets (CNN)

Anwendungsbeispiele: Signal-, Sprach- und Bildverarbeitung, Robotik und autonome Systeme, Assistenzsysteme, Mensch-Maschine Interaktion  
Exemplarische Software-Implementationen neuronaler Netze für unüberwachte und überwachte Lern- und Klassifikationsprobleme (Fokus auf Python)

Die Studierenden erwerben somit auch verfahrensorientiertes Wissen, indem für reale Klassifikations- und Lernprobleme verschiedene neuronale Lösungsansätze theoretisch behandelt und praktisch umgesetzt werden. Im Rahmen des Pflichtpraktikums werden die behandelten methodischen und algorithmischen Grundlagen der neuronalen und probabilistischen Informationsverarbeitungs- und Lernprozesse durch die Studierenden mittels interaktiver Demo-Applets vertieft und in Gesprächsgruppen aufgearbeitet.

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

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

Literatur

- Zell, A.: Simulation Neuronaler Netzwerke, Addison-Wesley 1997
- Bishop, Ch.: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer 2006
- Alpaydin, Ethem: Maschinelles Lernen, Oldenbourg Verlag 2008
- Murphy, K.: Machine Learning - A Probabilistic Perspective, MIT Press 2012
- Goodfellow, I. et al.: Deep Learning, MIT Press 2016

Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Neuroinformatik und Maschinelles Lernen mit der Prüfungsnummer 220451 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200735)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200736)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Bearbeitung von Software-Praktikumsmodulen inklusive der Erstellung von Praktikumsprotokollen

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=4675>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023  
Bachelor Medientechnologie 2013  
Bachelor Medientechnologie 2021  
Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022

Master Optische Systemtechnik 2022  
Master Technische Physik 2023  
Master Wirtschaftsinformatik 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung BT

## Modul: Algorithmen und Datenstrukturen 1

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

Modulnummer: 200062 Prüfungsnummer: 220445

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Christoph Berkholtz

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0
Fakultät für Informatik und Automatisierung		Fachgebiet: 2242	

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

**Fachkompetenz:** Die Studierenden kennen die Grundprinzipien des Algorithmenentwurfs und der Korrektheits- und Zeitanalyse von Algorithmen und Datenstrukturen. Die Studierenden kennen ein Verfahren für die Spezifikation von Datentypen und können dieses auf Beispiele anwenden. Sie kennen die O-Notation und ihre Regeln und können sie bei der Laufzeitanalyse benutzen. Die Studierenden kennen grundlegende Datenstrukturen über Spezifikation und Implementierungsmöglichkeiten und können die zentralen Performanzparameter benennen und begründen. Sie kennen fortgeschrittenere Datentypen wie "binärer Suchbaum" und Details der Implementierung als balancierter Suchbaum. Die Studierenden kennen das Prinzip und das Verhalten von einfachen Hashverfahren und können das zu erwartende Verhalten für die verschiedenen Verfahren beschreiben. Sie kennen Konstruktionen einfacher randomisierter Hashklassen und zugehörige Beweise. Die Studierenden kennen die grundlegenden Sortieralgorithmen (Quicksort, Heapsort, Mergesort sowie Radixsort), können die Korrektheit der Verfahren begründen und ihre Laufzeit berechnen. Sie kennen die untere Schranke für vergleichsbasierte Sortierverfahren sowie den grundlegenden Datentyp "Priority Queue" und seine Implementierung auf der Basis von binären Heaps. Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Graphentheorie, soweit sie algorithmisch relevant sind, und können mit ihnen umgehen. Sie kennen die wesentlichen Datenstrukturen für die Darstellung von Graphen und Digraphen mit den zugehörigen Methoden und Performanzparametern.

Im Praktikum konnten die Studierenden konkrete Erfahrungen mit dem essentiellen Schritt von theoretisch entworfenen und analysierten Algorithmen zur praktischen Implementierung und experimentellen Evaluation machen. Das Praktikum führt in den Umgang mit einer zweiten Programmiersprache (C++) ein und führt zur grundlegenden Beherrschung dieser Sprache in Lesen und Verwendung. Die Studierenden können in diesem Aufgabenfeld selbst entwickelte Vorgehensweisen und eigene Erkenntnisse im Gespräch darstellen.

**Methodenkompetenz:** Die Studierenden beherrschen Techniken zur Beschreibung von einfachen Systemen (Datentypen) und Verfahren (Algorithmen) sowie zur Beschreibung des Laufzeitverhaltens (O-Notation). Sie verstehen den Sinn von Korrektheitsbeweisen und beherrschen die grundlegenden Techniken für solche Beweise und für Laufzeitanalysen. Sie verstehen die Bedeutung der Effizienz bei der Implementierung von Algorithmen und Datenstrukturen.

**Sozialkompetenz:** Die Studierenden haben die Erfahrung gemacht, dass zur Erreichung des Ziels der Vorlesung die Herstellung einer gemeinsamen konzentrierten Arbeitsatmosphäre wesentlich ist. Diskussionsbeiträge und Fragen werden von den Lehrenden und den Studierenden immer begrüßt. Die Studierenden können sich aktiv und interagierend an der Diskussion der Lösung der Übungsaufgaben in der Übung beteiligen. Sie sind fähig zu erkennen, dass unterschiedliche Herangehensweisen zum Ziel führen können, im Rahmen der mathematischen Regeln und des Standes der Kunst. Im Praktikum konnte die Kombination eigener Bemühungen mit der Annahme von unterstützender Beratung vom Tutor eingeübt werden. Die Studierenden erkennen, dass es sich lohnt, theoretische Ergebnisse der Vorlesung im Experiment zu hinterfragen und haben den Wert unterschiedlicher Perspektiven auf einen Sachverhalt erfahren.

### Vorkenntnisse

Algorithmen und Programmierung  
 Grundlagen und Diskrete Strukturen  
 Mathematik 1

### Inhalt

Spezifikation von Berechnungsproblemen und von abstrakten Datentypen.  
Analyse von Algorithmen: Korrektheitsbeweise für iterative und rekursive Verfahren, Laufzeitbegriff, O-Notation, Laufzeitanalyse.  
Methoden für die Analyse von Laufzeit und Korrektheit.  
Grundlegende Datenstrukturen (Listen, Stacks, Queues, Bäume).  
Binäre Suchbäume, Mehrwegsuchbäume, balancierte Suchbäume (AVL- und/oder Rot-Schwarz-Bäume, B-Bäume).  
Einfache Hashverfahren, universelles Hashing.  
Sortierverfahren: Quicksort, Heapsort, Mergesort, Radixsort. Untere Schranke für Sortieren.  
Priority Queues mit der Implementierung als Binärheaps.  
Graphen und gerichtete Graphen und ihre Darstellung.  
Graphdurchlauf: Breitensuche, einfache Tiefensuche

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

Vorlesung: Folienprojektion, Folien auf der Webseite, Details im Tafelvortrag  
Übung: Tafel, Studierende präsentieren Lösungen, Entwicklung von Lösungen im Dialog  
Im Praktikum: Programmieraufgaben, eigenständig zu lösen in dedizierter Programmierumgebung, On-Line-Auswertung der Lösungen.

#### Literatur

- T. Ottmann, P. Widmayer, Algorithmen und Datenstrukturen, Spektrum Akademischer Verlag, 2002
- R. Sedgewick, Algorithms, Addison-Wesley, 2002 (auch C-, C++, Java-Versionen, auch auf deutsch bei Pearson)
- R. Sedgewick, Algorithms, Part 5: Graph Algorithms, Addison-Wesley, 2003
- K. Mehlhorn, P. Sanders, Algorithms and Data Structures - The Basic Toolbox, Springer, 2008
- R. H. Güting, S. Dieker: Datenstrukturen und Algorithmen, B.G. Teubner Verlag, 2004
- T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein, Introduction to Algorithms, 2nd ed., MIT Press, 2001 (auch auf deutsch bei Oldenbourg)

#### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Algorithmen und Datenstrukturen 1 mit der Prüfungsnummer 220445 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200710)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200711)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
Praktikum, mündliche Präsentation und Diskussion

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4620>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: Automaten und Formale Sprachen

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

Modulnummer: 200049 Prüfungsnummer: 2200694

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dietrich Kuske

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2241

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

**Fachkompetenz:** Die Studierenden kennen die Grundzüge der Theorie der Formalen Sprachen und der Automaten (siehe Inhaltsangabe). Diese Kenntnisse haben sie vorangig in der Vorlesung und im Selbststudium erworben.

**Methodenkompetenz:** Die Studierenden sind in der Lage, die behandelten Algorithmen und Konstruktionsverfahren an Beispieleingaben auszuführen (Automaten-, Grammatiktransformationen). Sie können Nicht-Regularitätsbeweise und Nicht-Kontextfreiheitsbeweise an Beispielen durchführen. Sie können für vorgegebene Sprachen / Probleme Automaten und/oder Grammatiken konstruieren. Sie können Entscheidungsverfahren und Transformationsverfahren für Automaten und Grammatiken anwenden. Diese Fähigkeiten haben sie vorangig in der Übung und im Selbststudium erworben.

**Sozialkompetenz:** Die Studierenden können kritische Fragen zum behandelten Stoff, Probleme bei der Erarbeitung des Wissens bzw. bei der Lösung der Aufgaben klar formulieren und in Diskussionen mit Kommilitonen und Lehrenden vertreten.

### Vorkenntnisse

Sicherheit im Umgang mit mathematischen Begriffen (vgl. z. B. Modul "Grundlagen und diskrete Strukturen")  
 Grundkenntnisse zu Algorithmen (vgl. z. B. Modul "Algorithmen und Programmierung für IN und II" oder "Algorithmen und Datenstrukturen 1")

### Inhalt

- deterministische endliche Automaten
- reguläre Sprachen, lexikalische Analyse
- Nichtdeterministische endliche Automaten
- Reguläre Ausdrücke
- Äquivalenzbeweise
- Erkennen von Nichtregularität
- Minimierung endlicher Automaten
- Chomsky-Grammatiken
- Kontextfreie Grammatiken und kontextfreie Sprachen
- Normalformen, insbesondere Chomsky-Normalform
- Ableitungsbäume und Ableitungen
- Kellerautomaten, Äquivalenz
- Parsing

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

Folien und Übungsblätter

### Literatur

- Schöning, "Theoretische Informatik kurzgefasst"
- Hopcroft, Motwani, Ullman, "Einführung in die Automatentheorie, Formale Sprachen und Komplexität"

- Asteroth, Baier, "Theoretische Informatik"
- Wegener, "Theoretische Informatik"

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=35>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Berechenbarkeit und Komplexität

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

Modulnummer: 200050 Prüfungsnummer: 2200695

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Dietrich Kuske

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2241

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

**Fachkompetenz:** Die Studierenden kennen die grundlegenden Begriffe und Sachverhalte der Berechenbarkeitstheorie und der NP-Vollständigkeitstheorie sowie weitere Grundkonzepte der Komplexitätstheorie sowie die zentrale Bedeutung des P-NP-Problems. Sie kennen wesentliche Vertreter der wichtigen Komplexitätsklassen. Diese Kenntnisse haben sie vorrangig in der Vorlesung und im Selbststudium erworben.

**Methodenkompetenz:** Die Studierenden können Simulationen beschreiben, Reduktionen (Berechenbarkeitstheorie und NP-Vollständigkeitsbeweise) durchführen und analysieren, sie können Probleme in Komplexitätsklassen einsortieren. Diese Fähigkeiten haben sie vorrangig in der Übung und im Selbststudium erworben.

**Sozialkompetenz:** Die Studierenden können kritische Fragen zum behandelten Stoff, Probleme bei der Erarbeitung des Wissens bzw. bei der Lösung der Aufgaben klar formulieren und in Diskussionen mit Kommilitonen und Lehrenden vertreten.

### Vorkenntnisse

Sicherheit im Umgang mit mathematischen Begriffen (vgl. z. B. Modul "Grundlagen und diskrete Strukturen")  
 Grundkenntnisse zu Algorithmen (vgl. z. B. Modul "Algorithmen und Programmierung für IN und II" oder "Algorithmen und Datenstrukturen 1")

Vertrautheit mit Automatenmodellen und Grammatiken (vgl. z. B. Modul "Automaten und Formale Sprachen")

### Inhalt

- Berechnungsmodelle (Turingmaschine, GOTO-Programme)
- Simulation zwischen Modellen
- Formalisierung des Berechenbarkeitsbegriffs, Church-Turing-These
- Halteproblem
- Nicht berechenbare Funktionen, nicht entscheidbare Probleme
- Reduktion
- Unentscheidbarkeit semantischer Fragen (Satz von Rice)
- Postsches Korrespondenzproblem, Unentscheidbarkeit bei Grammatiken und logischen Systemen
- Die Klassen P und NP
- NP-Vollständigkeit
- Satz von Cook/Levin
- P-NP-Problem
- Reduktionen, NP-Vollständigkeitsbeweise
- Grundlegende NP-vollständige Probleme

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

Folien und Übungsblätter

### Literatur

- Schöning, "Theoretische Informatik kurzgefasst"

- Asteroth, Baier, "Theoretische Informatik"
- Wegener, "Theoretische Informatik"
- Hopcroft, Motwani, Ullman, "Einführung in die Automatentheorie, Formale Sprachen und Komplexität"

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4795>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Betriebssysteme

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

Modulnummer: 200030 Prüfungsnummer: 2200672

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Boris Koldehofe

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2255							
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 0									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind mit Betriebssystemen als strukturierte parallele Systeme aus Komponenten mit individuellen Aufgaben und hochgradig komplexen Beziehungen vertraut. Die Studierenden können die hierbei relevanten Konzepte, Mechanismen und Architekturprinzipien erklären und im Rahmen ausgewählter praktischer Problemstellungen anwenden. Sie können Betriebssysteme bezüglich ihrer Eignung und Leistungen in unterschiedlichen Anwendungsdomänen analysieren, bewerten und einsetzen.

Die Studierenden können themenspezifische Fragestellungen diskutieren und für verschiedene Lösungsvarianten eines Problems argumentieren. Sie können theoretische und praktische Aufgabenstellungen eigenständig bearbeiten sowie im Rahmen der Übungen deren Ergebnisse präsentieren.

### Vorkenntnisse

Programmierung und Algorithmen, Rechnerarchitekturen

### Inhalt

Betriebssysteme bilden das Software-Fundament aller informationstechnischen Systeme. Ihre funktionalen und vor allem ihre nichtfunktionalen Eigenschaften wie Robustheit, Sicherheit oder Effizienz üben einen massiven Einfluss auf sämtliche Softwaresysteme aus, die unter ihrer Kontrolle ablaufen. Dieser Kurs vermittelt Wissen über die grundlegenden Aufgaben, Funktionen und Eigenschaften von Betriebssystemen. Er stellt ihre elementaren Abstraktionen und Paradigmen vor und erklärt Prinzipien, Algorithmen und Datenstrukturen, mit denen funktionale und nichtfunktionale Eigenschaften realisiert werden. Kursinhalte sind insbesondere: Nebenläufigkeit und Parallelität, dabei insbesondere Prozess- und Threadkonzepte, Scheduling, Synchronisation und Kommunikation; Speichermanagement; Dateisysteme; Netzwerkmanagement; Ein-/Ausgabesysteme; Architekturprinzipien.

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

Präsentationen mit Projektor und Tafel, Bücher und Fachaufsätze, Übungsaufgaben und Diskussionsblätter

### Literatur

- Andrew S. Tanenbaum: Modern Operating Systems. Pearson / Prentice Hall.
- William Stallings: Operating Systems - Internals and Design Principles. Pearson / Prentice Hall.
- Brian L. Stuart: Principles of Operating Systems. Thomson Learning / Course Technology
- Gary Nutt: Operating Systems - A Modern Perspective. Addison-Wesley.
- Trent Jaeger: Operating System Security. Synthesis Lectures on Information Security, Privacy and Trust #1, Morgan & Claypool Publishers, 2008. Verfügbar als kostenloser Download.
- Gadi Taubenfeld: Synchronization Algorithms and Concurrent Programming. Pearson / Prentice Hall.
- David Mosberger, Stephane Eranian: IA-64 Linux Kernel - Design and Implementation. Prentice Hall.
- Daniel P. Bovet, Marco Cesati: Understanding the Linux Kernel. O'Reilly & Associates.

### Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=299>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Ingenieurinformatik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Computergrafik

Modulabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200060 Prüfungsnummer: 2200708

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Patrick Mäder

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2252

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			
							3	1	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

**Fachkompetenz:** Die Studierenden verfügen nach dieser Vorlesung über Kenntnisse und Überblickswissen über die unterschiedlichen Teildisziplinen der Computergrafik (lineare Algebra, Physiologie des menschlichen Sehens, Physik der Lichtausbreitung, Rasterkonvertierung, Bild- und Signalverarbeitung) und das Zusammenspiel der Komponenten bei der Bildsynthese. Studenten kennen die Funktionsweise einer Render-Pipeline im Zusammenhang mit der Grafik-Hardware.

**Methodenkompetenz:** Die Studierenden beherrschen nach den Vorlesungen und Übungen Methoden zur Berechnung synthetischen Bildern aus 3D-Objekten mit homogenen Koordinaten, Lichtquellen und Materialbeschreibungen (definiert in Farbräumen wie RGB, HLS und CMY bzw. über eine Spektralverteilung). Zudem verstehen sie Abläufe und Einsatzmöglichkeiten einiger Datenstrukturen wie kD-Trees oder Octrees zur Zugriffsbeschleunigung. Studenten kennen die Bedeutung von Spektralwertkurven, verschiedene für die Beleuchtungsmodellierung relevante Größen wie Strahlstärke (Radiance) sowie Bestrahlungsstärke (Irradiance) und die Beleuchtungsmodelle nach Phong und Cook-Torrance. Studenten kennen wichtige Grundlagen der Bild- und Signalverarbeitung: Fourier-Transformation, digitale Tiefpass- sowie Hochpass-Filter und Algorithmen zur Rasterkonvertierung mittels Bresenham- und Polygonfüllalgorithmen, Shading-Methoden (Flat, Gouraud und Phong), verschiedene Methoden des Texture-Mapping sowie Ray-Tracing und Global Illumination mit dem Radiosity-Ansatz.

**Systemkompetenz:** Die Studierenden verstehen das grundsätzliche Zusammenwirken der Komponenten einer Bildsynthese in einer Grafikpipeline auf moderner Grafikhardware und können Vor- und Nachteile von alternativen Methoden/Komponenten abwägen

### Vorkenntnisse

Programmierkenntnisse  
 Grundlagen Algorithmen & Datenstrukturen

### Inhalt

- Einführung: Überblick über das Fach Computergrafik.
- Vektorgeometrie: Vektoren und Matrizen, Transformationen, homogene Vektorräume, 2D-, 3D-Primitive und Operationen, View-Transformationen.
- Effizientes Rendern großer Szenen: Szenegraphen, GPU-Renderpipeline, effiziente Datenstrukturen für räumlichen Zugriff (kd-Trees, Octrees, Hüllkörper-Hierarchien).
- Rastergrafik: Rasterkonvertierung von Linien und Polygonen (Bresenham-Algorithmus, Polygonfüll-Algorithmus).
- Bildverarbeitung und -erkennung: Operationen auf dem Bildraaster, Bildtransformationen, Bildfrequenzraum, Fouriertransformation, Resampling, Nyquist Theorem, Aliasing/Antialiasing, Filterung (z.B. Bilinear, Gauß, Sinc), Dithering, Kantenerkennung.
- Farbwahrnehmung und -modelle: Tristimulus Ansatz, Spektralwertkurven, Farbbäume (z.B. RGB, CMY, HSV, CIE), additive und subtraktive Mischung.
- Strahlungs- und Lichtausbreitung: Zusammenhang von radiometrischen und fotometrischen Größen, Wechselwirkung von Licht und Material, Modelle der Lichtausbreitung und Reflexion, Refraktion, Beleuchtungsmodelle nach Phong und Cook-Torrance, Materialeigenschaften, farbige Lichtquellen (spektrale

Verteilung), Mehrfachreflexion, Lichteffekte wie Schatten und Kaustik.

- Bildsynthese: direkte Schattierungsverfahren (Flat, Gouraud und Phong Shading, Z-Buffer, Behandlung von Transparenzen) und globale Beleuchtungsansätze (Raytracing, Photontracing, Radiosity).
- Texturemapping: Affines und perspektivisches Texture-Mapping, Bumpmaps, Normalmaps, MIP-MAPs, RIP-MAPs, u.a.

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

Moodle-Kurs: [\[HIER\]](#)

mit Folien, interaktiven Beispielen, Beispielcode für Programmierübungen  
(HTML5: Javascript/WebGL)

#### Literatur

Brüderlin, B., Meier, A., Computergrafik und geometrisches Modellieren, Teubner-Verlag, 2001

Weiterführende Literatur:

José Encarnaç o, Wolfgang Stra er, Reinhard Klein: Graphische Datenverarbeitung 1: Ger tetechnik, Programmierung und Anwendung graphischer Systeme. 4th, revised and extended edition, Oldenbourg, Munich, Germany, 1996.

Jos  Encarnaç o, Wolfgang Stra er, Reinhard Klein: Graphische Datenverarbeitung 2: Modellierung komplexer Objekte und photorealistische Bilderzeugung. 4th, revised and extended edition, Oldenbourg, Munich, Germany, 1997.

James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John F. Hughes: Computer Graphics: Principles and Practice, Second Edition in C. -2nd edition, Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 1990.

Alan Watt: 3D-Computergrafik. 3rd edition, Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 2001.

#### Detailangaben zum Abschluss

2 Tests w hrend den Vorlesungen:

Jeweils 45min, bevorzugt via Moodle mit eigenem Rechner; Wichtung jeweils 50%

#### Link zum Moodle-Kurs

Moodle-Kurs: [\[HIER\]](#)

#### verwendet in folgenden Studieng ngen:

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023

Bachelor Medientechnologie 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Datenbanksysteme

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200038

Prüfungsnummer: 220440

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Kai-Uwe Sattler

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2254							
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 dem Besuch dieser Veranstaltung können die Studentierenden Datenbanksysteme anwenden. Sie kennen die Schritte des Entwurfs von Datenbanken und können die relationale Entwurfstheorie beschreiben. Weiterhin können sie deklarative Anfragen in SQL sowie in formalen Sprachen (Relationenalgebra, Anfragekalkül) formulieren und diese Kenntnisse auf eigene Problemstellungen anwenden.

Die Studierenden sind in der Lage, gegebene praktische Fragestellungen zu analysieren, im ER-Modell zu modellieren und in einer relationalen Datenbank mit Integritätsbedingungen abzubilden sowie SQL zur Anfrageformulierung zu nutzen.

Mit den Übungen können die Studierenden eigene Lösungen zu gestellten Aufgaben präsentieren, sich an themenspezifischen Diskussionen beteiligen und sind bereit, Fragen zu beantworten.

Durch das zugehörige Praktikum können die Studierenden eigene Datenbanken entwerfen, in einem realen Datenbanksystem implementieren sowie darauf SQL-Anfragen zu konkreten Problemstellungen entwickeln.

### Vorkenntnisse

Vorlesung Programmierung und Algorithmen

### Inhalt

Grundbegriffe von Datenbanksystemen; Phasen des Datenbankentwurfs, Datenbankentwurf im Entity-Relationship-Modell, Relationaler Datenbankentwurf, Entwurfstheorie, Funktionale Abhängigkeiten und Normalformen; Grundlagen von Anfragen: Algebra und Kalküle; SQL: relationaler Kern und Erweiterungen, rekursive Anfragen mit SQL; Transaktionen und Integritätssicherung; Sichten und Zugriffskontrolle; NoSQL-Systeme: Datenmodelle und Anfragesprachen

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

Flipped Classroom-Veranstaltung mit Screencasts; Plenum-Veranstaltung mit Tafel, Handouts, Moodle

### Literatur

Saake, Sattler, Heuer: Datenbanken - Konzepte und Sprachen, 6. Auflage, mitp-Verlag, 2018.

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Datenbanksysteme mit der Prüfungsnummer 220440 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200681)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200682)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Datenbank Praktikum

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Ingenieurinformatik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023

Bachelor Medientechnologie 2013

Bachelor Medientechnologie 2021

Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Effiziente Algorithmen

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 25 min      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch      Pflichtkenn.: Wahlmodul      Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200065      Prüfungsnummer: 2200714

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Christoph Berkholtz

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2242

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

**Fach- und Methodenkompetenz:** Die Studierenden kennen einige wesentliche fortgeschrittene Algorithmen und die hierfür notwendigen Entwurfs- und Analysetechniken. Sie können mit den erlernten Techniken Algorithmen für abgewandelte Fragestellungen entwerfen und analysieren. Sie können Algorithmen auch auf nicht offensichtliche Anwendungsfragestellungen übertragen. Sie können eine amortisierte Laufzeitanalyse durchführen, wenn die wesentlichen Festlegungen angegeben sind. Die Studierenden kennen die vielfältige Anwendbarkeit von Flussalgorithmen. Sie kennen nichttriviale grundlegende Techniken für die Verarbeitung von Wörtern (Textsuche) und die relevanten Beweistechniken.

In der Vorlesung konnten die notwendigen Kenntnisse und Methoden erworben werden; durch die Übungen sind die Studierenden darin geübt, die Methoden in neuen Aufgabenstellungen selbst anzuwenden und dabei eigene, selbständige, gut begründete Überlegungen anzustellen, im Rahmen der erlernten Methoden und des Standes der Technik.

**Sozialkompetenz:** Die Studierenden haben in den Übungen die Gelegenheit genutzt, eigene Lösungen zu präsentieren und damit der Diskussion in der Gruppe auszusetzen. Wertschätzende Diskussion durch die Gruppe wurde angeleitet, beim Vortrag konnten die Studierenden wertvolle Erfahrung in der Rolle der Präsentierenden machen.

### Vorkenntnisse

Bachelorstudium Informatik, insbesondere:  
 Algorithmen und Programmierung  
 Algorithmen und Datenstrukturen 1 und 2  
 Mathematik 1 und 2  
 Grundlagen und Diskrete Strukturen

### Inhalt

Flussprobleme und -algorithmen: Ford-Fulkerson-Methode, Algorithmus von Edmonds/Karp, Sperrflussmethode (Algorithmus von Diniz).

Matchingprobleme und ihre Algorithmen: Kardinalitätsmatching, Lösung über Flussalgorithmen, Algorithmus von Hopcroft/Karp; gewichtetes Matching: Auktionsalgorithmus, Ungarische Methode; Stabile Paarungen: Satz von Kuhn/Munkres, Algorithmus von Gale/Shapley.

Amortisierte Analyse von Datenstrukturen: Ad-Hoc-Analyse, Bankkontomethode, Potentialmethode.

Implementierung von adressierbaren Priority Queues: Binomialheaps und Fibonacci-Heaps.

Textsuche: Randomisiertes Verfahren; Algorithmus von Knuth/Morris/Pratt, Algorithmus von Aho/Corasick, Algorithmus von Boyer/Moore, Vorverarbeitung für Boyer-Moore-Algorithmus.

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

zum Moodle-Kurs  
 Bereitgestellt: Skript auf der Webseite  
 Tafelvortrag, Presenter-Projektion, Folien

### Literatur

Neben Vorlesungsskript:

- J. Kleinberg, E. Tardos, Algorithm Design, Pearson Education, 2005

- T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein, Introduction to Algorithms, 2nd ed., MIT Press, 2001 (auch auf deutsch bei Oldenbourg)
- M. Dietzfelbinger, K. Mehlhorn, P. Sanders, Algorithmen und Datenstrukturen - Die Grundwerkzeuge, Springer, 2014
- S. Dasgupta, C. Papadimitriou, U. Vazirani, Algorithms, McGraw-Hill, 2007
- V. Heun, Grundlegende Algorithmen, 2. Auflage, Vieweg, 2003

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Informatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: Leistungsbewertung technischer Systeme

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 25 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200014 Prüfungsnummer: 2200647

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Armin Zimmermann

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 94 SWS: 5.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2236

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 verstehen detailliert Hintergrund und Funktionsweise von Verfahren der Modellierung und quantitativen Bewertung technischer Systeme. Die Studierenden sind fähig, quantitative Aspekte technischer Systeme beim Entwurf zu untersuchen und zu bewerten. Die Studenten haben Kenntnisse in Anwendungsgebieten der Leistungsbewertung. Methodenkompetenz: Die Studierenden sind in der Lage, Methoden des quantitativen Systementwurfs, der Modellierung und Bewertung auf konkrete Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden sind in der Lage, passende Modelle und Werkzeuge auszuwählen und einzusetzen. Sozialkompetenz: Die Studierenden sind in der Lage, praktische Problemstellungen der Leistungsbewertung in der Gruppe zu lösen und zu präsentieren. In der Übung wurde zu jeder Aufgabe ein vergleichbares Beispiel vorgerechnet bzw. in der gemeinsamen Diskussion erarbeitet. Dabei erkannten die Studierenden unterschiedliche Herangehensweisen. Sie können in kleinen Teams eigenverantwortlich eine Lösung für gegebene Aufgabenstellungen entwickeln. Dabei berücksichtigen sie verschiedene Vorschläge und Einflussfaktoren, diskutieren Lösungsideen und setzen sie gemeinsam um. Bei der Besprechung der Aufgabe können sie Anmerkungen und konstruktive Kritik nehmen und geben.

### Vorkenntnisse

Bachelor-Abschluss im Studiengang Ingenieurinformatik / Informatik bzw. weitgehend äquivalentem Studiengang

### Inhalt

Modellierung und Leistungsbewertung diskreter technischer Systeme  
 Grundlagen (Stochastische Grundlagen, Stochastische Prozesse)  
 Modelle (Markov-Ketten, stochastische Petri-Netze, farbige stochastische Petri-Netze)  
 Bewertungsverfahren (numerische Analyse, Simulation, Beschleunigungsverfahren)  
 Ausgewählte Anwendungsgebiete, Bewertung zuverlässiger Systeme

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

Folien und Aufgabenzettel: Verfügbar über die Webseite der Lehrveranstaltung  
 Ergänzende Informationen als Tafelanschrieb  
 Aufzeichnung der Vorlesung 2020 als Video

### Literatur

Jain: The Art of Computer System Performance Evaluation  
 Law/Kelton: Simulation Modeling and Analysis  
 Cassandras/Lafortune: Introduction to Discrete Event Systems  
 Bolch, Greiner, de Meer, Trivedi: Queueing Networks and Markov Chains  
 Zimmermann: Stochastic Discrete Event Systems  
 Murata: Petri Nets: Properties, Analysis and Applications  
 Ajmone Marsan: Stochastic Petri Nets: An Elementary Introduction

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=2468>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Informatik 2013  
Master Informatik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: Neuroinformatik und Maschinelles Lernen

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

Modulnummer: 200081      Prüfungsnummer: 220451

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	V	S	P			
				2	1	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Im Modul "Neuroinformatik und Maschinelles Lernen" haben sich die Studierenden die konzeptionellen, methodischen und algorithmischen Grundlagen der Neuroinformatik und des Maschinellen Lernens angeeignet. Sie haben die grundsätzliche Herangehensweise dieser Form des Wissenserwerbs, der Generierung von Wissen aus Beobachtungen und Erfahrungen verstanden. Sie verfügen über das Verständnis, wie ein künstliches System aus Trainingsbeispielen lernt und diese nach Beendigung der Lernphase verallgemeinern kann, wobei die Beispiele nicht einfach auswendig gelernt werden, sondern das System "erkennt" Muster und Gesetzmäßigkeiten in den Lerndaten. Die Studierenden haben die wesentlichen Konzepte, Lösungsansätze sowie Modellierungs- und Implementierungstechniken beim Einsatz von neuronalen und probabilistischen Methoden der Informations- und Wissensverarbeitung kennen gelernt. Die Studierenden sind in der Lage, praxisorientierte Fragestellungen aus dem o. g. Problembereich zu analysieren, durch Anwendung des behandelten Methodenspektrums auf Fragestellungen aus den behandelten Bereichen (Signal-, Sprach- und Bildverarbeitung, Robotik und autonome Systeme, Assistenzsysteme, Mensch-Maschine Interaktion) neue Lösungskonzepte zu entwerfen und algorithmisch (Fokus auf Python) umzusetzen sowie bestehende Lösungen zu bewerten. Exemplarische Software-Implementationen neuronaler Netze für unüberwachte und überwachte Lern- und Klassifikationsprobleme (Fokus auf Python) - Teilleistung 2

Die Studierenden haben nach dem Praktikum somit auch verfahrensorientiertes Wissen, indem für reale Klassifikations- und Lernprobleme verschiedene neuronale Lösungsansätze theoretisch behandelt und praktisch umgesetzt wurden. Im Rahmen des Pflichtpraktikums wurden die behandelten methodischen und algorithmischen Grundlagen der neuronalen und probabilistischen Informationsverarbeitungs- und Lernprozesse durch die Studierenden mittels interaktiver Demo-Applets vertieft und in Gesprächsgruppen aufgearbeitet. Nach intensiven Diskussionen während der Übungen und zur Auswertung des Praktikums können die Studierenden Leistungen ihrer Mitkommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

keine

### Inhalt

Die Lehrveranstaltung vermittelt das erforderliche Methodenspektrum aus theoretischen Grundkenntnissen und praktischen Fähigkeiten zum Verständnis, zur Implementierung und zur Anwendung neuronaler und probabilistischer Techniken des Wissenserwerbs durch Maschinelles Lernen aus Erfahrungsbeispielen sowie zur Informations- und Wissensverarbeitung in massiv parallelen Systemen. Sie vermittelt sowohl Faktenwissen, begriffliches und algorithmisches Wissen aus folgenden Themenkomplexen:  
 Intro: Aktuelle Highlights der KI und des Maschinellen Lernens (inkl. ChatGPT), Begriffsbestimmung, Literatur, Lernparadigmen (Unsupervised / Reinforcement / Supervised Learning), Haupteinsatzgebiete (Klassifikation, Clusterung, Regression, Ranking), Historie, erste Grundlagen zu Deep Learning

A: Neuronale Basisoperationen und Grundstrukturen:

- Neuronenmodelle: Biologisches Neuron, Integrate & Fire Neuron, Formale Neuronen
- Netzwerkmodelle: Grundlegende Verschaltungsprinzipien & Architekturen

B: Lernparadigmen und deren klassische Vertreter:

- Unsupervised Learning: Vektorquantisierung, Self-Organizing Feature Maps , Neural Gas, k-Means Clustering
- Reinforcement Learning: Grundbegriffe, Q-Learning
- Supervised Learning: Perzeptron, Multi-Layer-Perzeptron & Error-Backpropagation-Lernregel, Support Vector Machines (SVM), Radial-Basis-Funktion (RBF) Netze

C: Moderne Verfahren für große Datensets

- Deep Neural Networks: Grundidee, Arten, Convolutional Neural Nets (CNN)

Anwendungsbeispiele: Signal-, Sprach- und Bildverarbeitung, Robotik und autonome Systeme, Assistenzsysteme, Mensch-Maschine Interaktion  
Exemplarische Software-Implementationen neuronaler Netze für unüberwachte und überwachte Lern- und Klassifikationsprobleme (Fokus auf Python)

Die Studierenden erwerben somit auch verfahrensorientiertes Wissen, indem für reale Klassifikations- und Lernprobleme verschiedene neuronale Lösungsansätze theoretisch behandelt und praktisch umgesetzt werden. Im Rahmen des Pflichtpraktikums werden die behandelten methodischen und algorithmischen Grundlagen der neuronalen und probabilistischen Informationsverarbeitungs- und Lernprozesse durch die Studierenden mittels interaktiver Demo-Applets vertieft und in Gesprächsgruppen aufgearbeitet.

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

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

Literatur

- Zell, A.: Simulation Neuronaler Netzwerke, Addison-Wesley 1997
- Bishop, Ch.: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer 2006
- Alpaydin, Ethem: Maschinelles Lernen, Oldenbourg Verlag 2008
- Murphy, K.: Machine Learning - A Probabilistic Perspective, MIT Press 2012
- Goodfellow, I. et al.: Deep Learning, MIT Press 2016

Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Neuroinformatik und Maschinelles Lernen mit der Prüfungsnummer 220451 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200735)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200736)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Bearbeitung von Software-Praktikumsmodulen inklusive der Erstellung von Praktikumsprotokollen

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=4675>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023  
Bachelor Medientechnologie 2013  
Bachelor Medientechnologie 2021  
Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022

Master Optische Systemtechnik 2022  
Master Technische Physik 2023  
Master Wirtschaftsinformatik 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung BT

# Modul: Softwaretechnik (Einführung für Nichtinformatiker)

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

Modulnummer: 200126      Prüfungsnummer: 220484

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Armin Zimmermann

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2236

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

**Fachkompetenz:** Die Studierenden haben grundlegendes Wissen über Vorgehens- und Prozessmodelle der Softwareentwicklung, sowie über deren Methodik und Basiskonzepte erworben. Sie können größere Entwicklungsaufgaben strukturieren, Lösungsmuster erkennen und anwenden, und verstehen den Entwurf von der Anforderungsermittlung bis hin zur Implementierung.

**Methodenkompetenz:** Den Studierenden besitzen Entscheidungskompetenz hinsichtlich möglicher Prinzipien, Methoden und Werkzeuge des ingenieurmäßigen Softwareentwurfs. Die Studierenden verfügen über das Wissen, allgemeine Techniken der Softwareentwicklung bzw. fachspezifische Kenntnisse anzuwenden und haben die Praxis des Projektmanagements erlernt.

**Systemkompetenz:** Die Studierenden verstehen das grundlegende Zusammenwirken unterschiedlicher Softwareentwicklungsphasen; anwendungsorientierte Kompetenzen bezüglich Modellierungsfähigkeit und Systemdenken werden in Übungen und in praktischer Anwendung geschult. Sie sind in der Lage, Organisations-, Entwurfs- und Implementierungstechniken anzuwenden.

**Sozialkompetenz:** Die Studierenden sind in der Lage, Anmerkungen und Hinweise ihrer Mentoren zu beachten und Kritik zu würdigen.

## Vorkenntnisse

Programmierkenntnisse

## Inhalt

In der Lehrveranstaltung werden grundlegende Methoden, Modelle und Vorgehensweisen der Softwaretechnik bzw. des Software Engineering erlernt und am Beispiel geübt. Vorrangig wird die objektorientierte Sichtweise betrachtet, und in den Übungen anhand praktischer Beispiele vertieft. Für Implementierungsbeispiele wird vor allem JAVA verwendet.

Die Lehrveranstaltung richtet sich an Nicht-Informatiker, die nicht am anschließenden Softwareprojekt teilnehmen. Zusätzlich zur Vorlesung Softwaretechnik ist Selbststudium zu objektorientierter Programmierung nötig sowie die Bearbeitung eines semesterbegleitenden kleinen Softwareprojekt-Entwurfs, dessen Bewertung in die Benotung eingeht.

- Einführung
- Modellierungskonzepte
  - . Überblick Modellierung
  - . klassische Konzepte (funktional, datenorientiert, algorithmisch, zustandsorientiert)
  - . Grundlagen Objektorientierung
  - . Unified Modeling Language (UML)
- Analyse
  - . Anforderungsermittlung
  - . Glossar, Geschäftsprozesse, Use Cases, Akteure
  - . Objektorientierte Analyse und Systemmodellierung
  - . Dokumentation von Anforderungen, Pflichtenheft
- Entwurf
  - . Software-Architekturen
  - . Objektorientiertes Design

- . Wiederverwendung (Design Patterns, Komponenten, Frameworks, Bibliotheken)
- Implementierung
  - . Konventionen und Werkzeuge
  - . Codegenerierung
  - . Testen
- Vorgehensmodelle
  - . Überblick, Wasserfall, Spiralmodell, V-Modell XT, RUP, XP
- Projektmanagement
  - . Projektplanung
  - . Projektdurchführung

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form  
Folien, Tafel, Moodle

## Literatur

- Brügge, Dutoit: Objektorientierte Softwaretechnik. Pearson 2004
- Balzert: Lehrbuch der Software-Technik - Basiskonzepte und Requirements Engineering. 3. Auflage 2009
- Stark, Krüger: Handbuch der Java-Programmierung Version 6. Addison-Wesley 2007
- Sommerville: Software Engineering. Pearson 2007
- Oestereich: Analyse und Design mit UML 2.1. Oldenbourg 2006
- Rupp: Requirements-Engineering und -management. Hanser 2007
- Höhn, Höppner: Das V-Modell XT. Springer 2008
- Kruchten: The Rational Unified Process: An Introduction. Addison-Wesley 2004
- Beck, Andres: Extreme Programming Explained. Addison-Wesley 2004
- Wirfs-Brock, McKean: Object Design: Roles, Responsibilities and Collaborations. Addison-Wesley 2002
- Gamma, Helm, Johnson, Vlissides: Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software. Addison-Wesley 2004
- Fowler: Refactoring: Improving the Design of Existing Code. Addison-Wesley 1999

## Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Softwaretechnik (Einführung für Nichtinformatiker) mit der Prüfungsnummer 220484 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 70% (Prüfungsnummer: 2200813)
- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 30% (Prüfungsnummer: 2200814)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
Begleitender Entwurf einer Projektaufgabe

## Link zum Moodle-Kurs

Vorlesung: <https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=803>  
Seminar: <https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=723>

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Physik 2023  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medientechnikwissenschaften 2023  
Master Medientechnologie 2017  
Master Technische Physik 2023

## Modul: Telematik 1

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

Modulnummer: 200025 Prüfungsnummer: 2200667

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Günter Schäfer

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2253

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			
				3	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

- **Fachkompetenz:** Die Studierenden verfügen nach der Vorlesung über Kenntnisse und Überblickswissen zu Aufbau und Funktionsweise von Netzen, insbesondere des Internet.
- **Methodenkompetenz:** Die Studierenden sind in der Lage, einfache Protokollfunktionen zu spezifizieren und in Programmfragmente umzusetzen. Sie können die Auswirkungen bestimmter Entwurfsentscheidungen bei der Realisierung einzelner Protokollfunktionen auf grundlegende Leistungskenngrößen einschätzen. Sie kennen Darstellung von Protokollabläufen in Form von Message Sequence Charts und können gültige Protokollabläufe auf der Grundlage von Zustandsautomaten nachvollziehen.
- **Systemkompetenz:** Die Studierenden verstehen das grundsätzliche Zusammenwirken der Komponenten eines Netzes als System.
- **Sozialkompetenz:** Die Studierenden können Problemlösungen einfacher Protokollfunktionen (z.B. Routing, Fehlerkontrolle, Flusskontrolle etc.) durch Bearbeiten von Übungsaufgaben in Gruppen erarbeiten und haben bei Behandlung des Themas Geteilter Medienzugriff die technische Motivation für die Vorteile einer koordinierten Zusammenarbeit vertieft.

### Vorkenntnisse

Grundlagenvorlesung in Informatik oder Programmierung (z.B. "Algorithmen und Programmierung" oder eine vergleichbare Grundlagenvorlesung)

### Inhalt

Die Lehrveranstaltung gibt eine grundlegende Einführung in Aufbau und Funktionsweise von Kommunikationsnetzen.

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

Folie, Skripte  
<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3545>

### Literatur

- F. Halsall. Data Communications, Computer Networks and Open Systems. Addison-Wesley, 1996.
- J. Kurose, K. Ross. Computernetze - Ein Top-Down-Ansatz mit Schwerpunkt Internet. Pearson Studium, 2002.
- L. Peterson, B. Davie. Computernetze. dpunkt-verlag. 2000.
- W. Stallings. Data and Computer Communications. Prentice-Hall. 1997.
- A. Tanenbaum. Computer Networks. Prentice-Hall, 2002.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=4781>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Ingenieurinformatik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Adaptive and Array Signal Processing, Complete

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 150 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200484

Prüfungsnummer: 2100807

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 10	Workload (h): 300	Anteil Selbststudium (h): 210	SWS: 8.0							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2111							
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 4 0									

### Lernergebnisse / Kompetenzen

After completing this module, the students are able to understand the fundamental concepts of adaptive filters and array signal processing. These concepts include the mathematical background, in particular concepts and "tricks" that can be used for the derivation of new research results. Furthermore, they range from adaptive temporal and spatial filters to (multi-dimensional) high-resolution parameter estimation techniques and tensor-based signal processing concepts. The students have a deep understanding of these universal (timeless) principles that are applicable in several research areas and disciplines.

The students are enabled to read and understand current research publications in the areas of adaptive filters and array signal processing. They are able to use these concepts and results for their own research and understand the presentations about these topics at international conferences. Furthermore, they are able to read and understand current IEEE journal and conference publications in this area. Moreover, they have been enabled to develop new research ideas and results that build on this published "state-of-the-art."

### Vorkenntnisse

### Inhalt

#### 1 Introduction

- Adaptive Filters
- Single channel adaptive equalization (temporal filter)
- Multi channel adaptive beamforming (spatial filter)

#### 2 Mathematical Background

##### 2.1 Calculus

- Gradients
- Differentiation with respect to a complex vector
- Quadratic optimization with linear constraints (method of Lagrangian multipliers)

##### 2.2 Stochastic processes

- Stationary processes
- Time averages
- Ergodic processes
- Correlation matrices

##### 2.3 Linear algebra

- Eigenvalue decomposition
- Eigenfilter
- Linear system of equations
- Four fundamental subspaces
- Singular value decomposition
- Generalized inverse of a matrix
- Projections
- Low rank modeling

#### 3 Adaptive Filters

##### 3.1 Linear Optimum Filtering (Wiener Filters)

- Principle of Orthogonality

- Wiener-Hopf equations
- Error-performance surface
- MMSE (minimum mean-squared error)
- Canonical form of the error-performance surface
- MMSE filtering in case of linear Models
- 3.2 Linearly Constrained Minimum Variance Filter
  - LCMV beamformer
  - Minimum Variance Distortionless Response (MVDR) spectrum: Capon's method
  - LCMV beamforming with multiple linear constraints
- 3.3 Generalized Sidelobe Canceler
- 3.4 Iterative Solution of the Normal Equations
  - Steepest descent algorithm
  - Stability of the algorithm
  - Optimization of the step-size
- 3.5 Least Mean Square (LMS) Algorithm
- 3.6 Recursive Least Squares (RLS) Algorithm

#### 4 High-Resolution Parameter Estimation

- Data model (DOA estimation)
- Eigendecomposition of the spatial correlation matrix at the receive array
- Subspace estimates
- Estimation of the model order
- 4.1 Spectral MUSIC
  - DOA estimation
  - Example: uniform linear array (ULA)
  - Root-MUSIC for ULAs
  - Periodogram
  - MVDR spatial spectrum estimation (review)
- 4.2 Standard ESPRIT
  - Selection matrices
  - Shift invariance property
- 4.3 Signal Reconstruction
  - LS solution
  - MVDR / BLUE solution
  - Wiener solution (MMSE solution)
  - Antenna patterns
- 4.4 Spatial smoothing
- 4.5 Forward-backward averaging
- 4.6 Real-valued subspace estimation
- 4.7 1-D Unitary ESPRIT
  - Reliability test
  - Applications in Audio Coding
- 4.8 Multidimensional Extensions
  - 2-D MUSIC
  - 2-D Unitary ESPRIT
  - R-D Unitary ESPRIT
- 4.9 Multidimensional Real-Time Channel Sounding
- 4.10 Direction of Arrival Estimation with Hexagonal ESPAR Arrays

#### 5 Tensor-Based Signal Processing and Machine Learning

- 5.1 Introduction and Motivation
- 5.2 Fundamental Concepts of Tensor Algebra
- 5.3 Elementary Tensor Decompositions
  - Higher Order SVD (HOSVD)
  - CANDECOMP / PARAFAC (CP) Decomposition
- 5.4 Tensors in Selected Signal Processing and Deep Neural Network Applications

#### 6 Maximum Likelihood Estimators

- 6.1 Maximum Likelihood Principle
- 6.2 The Fisher Information Matrix and the Cramer Rao Lower Bound (CRLB)
  - Efficiency
  - CRLB for 1-D direction finding applications
  - Asymptotic CRLB

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

Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

## Literatur

- T. Kaiser, A. Bourdoux, H. Boche, Smart Antennas State of The Art. Hindawi Publishing Corporation, 2005.
- A. H. Sayed, Fundamentals of Adaptive Filtering. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2003.
- T. K. Moon and W. C. Stirling, Mathematical Methods and Algorithms for Signal Processing. Prentice-Hall, 2000.
- S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications. Pearson Education, Inc., 2005.
- S. Haykin, Adaptive Filter Theory. Prentice-Hall, 4th edition, 2002.
- A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- H. L. V. Trees, Optimum Array Processing. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2002.
- M. Haardt, Efficient One-, Two-, and Multidimensional High-Resolution Array Signal Processing. Shaker Verlag GmbH, 1996, ISBN: 978-3-8265-2220-8.
- G. Strang, Linear Algebra and Its Applications. Thomson Brooks/Cole Cengage learning.
- G. Strang, Introduction to Linear Algebra. Wellesley - Cambridge Press, Fifth Edition.
- L. L. Scharf, Statistical Signal Processing. Addison-Wesley Publishing Co., 1991.
- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing, Estimation Theory. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1993.
- M. Haardt, M. Pesavento, F. Roemer, and M. N. El Korso, Subspace methods and exploitation of special array structures. in Academic Press Library in Signal Processing: Volume 3 - Array and Statistical Signal Processing (A. M. Zoubir, M. Viberg, R. Chellappa, and S. Theodoridis, eds.), vol. 3, pp. 651 - 717, Elsevier Ltd., 2014, Chapter 15, ISBN 978-0-12-411597-2 ISBN: 978-3-8265-2220-8.

## Detailangaben zum Abschluss

## Link zum Moodle-Kurs

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Communications and Signal Processing 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medieningenieurwissenschaften 2023  
Master Medientechnologie 2017

## Modul: Adaptive and Array Signal Processing, Part 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 75 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200506	Prüfungsnummer: 2100840
---------------------	-------------------------

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2111

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

After completing this module, the students are able to understand the fundamental concepts of adaptive filters and array signal processing. These concepts include the mathematical background, in particular concepts and "tricks" that can be used for the derivation of new research results. Furthermore, they range from adaptive temporal and spatial filters to (multi-dimensional) high-resolution parameter estimation techniques and tensor-based signal processing concepts. The students have a deep understanding of these universal (timeless) principles that are applicable in several research areas and disciplines.

The students are enabled to read and understand current research publications in the areas of adaptive filters and array signal processing. They are able to use these concepts and results for their own research and understand the presentations about these topics at international conferences. Furthermore, they are able to read and understand current IEEE journal and conference publications in this area. Moreover, they have been enabled to develop new research ideas and results that build on this published "state-of-the-art."

### Vorkenntnisse

### Inhalt

- 1 Introduction
  - Adaptive Filters
  - Single channel adaptive equalization (temporal filter)
  - Multi channel adaptive beamforming (spatial filter)
- 2 Mathematical Background
  - 2.1 Calculus
    - Gradients
    - Differentiation with respect to a complex vector
    - Quadratic optimization with linear constraints (method of Lagrangian multipliers)
  - 2.2 Stochastic processes
    - Stationary processes
    - Time averages
    - Ergodic processes
  - 2.3 Linear algebra
    - Correlation matrices
    - Eigenvalue decomposition
    - Eigenfilter
    - Linear system of equations
    - Four fundamental subspaces
    - Singular value decomposition
    - Generalized inverse of a matrix
    - Projections
    - Low rank modeling
- 3 Adaptive Filters
  - 3.1 Linear Optimum Filtering (Wiener Filters)
    - Principle of Orthogonality
    - Wiener-Hopf equations
    - Error-performance surface
    - MMSE (minimum mean-squared error)

- Canonical form of the error-performance surface
- MMSE filtering in case of linear Models
- 3.2 Linearly Constrained Minimum Variance Filter
  - LCMV beamformer
  - Minimum Variance Distortionless Response (MVDR) spectrum: Capon's method
  - LCMV beamforming with multiple linear constraints
- 3.3 Generalized Sidelobe Canceler
- 3.4 Iterative Solution of the Normal Equations
  - Steepest descent algorithm
  - Stability of the algorithm
  - Optimization of the step-size
- 3.5 Least Mean Square (LMS) Algorithm
- 3.6 Recursive Least Squares (RLS) Algorithm
- 4 High-Resolution Parameter Estimation
  - Data model (DOA estimation)
  - Eigendecomposition of the spatial correlation matrix at the receive array
  - Subspace estimates
  - Estimation of the model order
- 4.1 Spectral MUSIC
  - DOA estimation
  - Example: uniform linear array (ULA)
  - Root-MUSIC for ULAs
  - Periodogram
  - MVDR spatial spectrum estimation (review)
- 4.2 Standard ESPRIT
  - Selection matrices
  - Shift invariance property
- 4.3 Signal Reconstruction
  - LS solution
  - MVDR / BLUE solution
  - Wiener solution (MMSE solution)
  - Antenna patterns
- 4.4 Spatial smoothing

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

Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

Literatur

- T. Kaiser, A. Bourdoux, H. Boche, Smart Antennas State of The Art.
- Hindawi Publishing Corporation, 2005.
- A. H. Sayed, Fundamentals of Adaptive Filtering. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2003.
- T. K. Moon and W. C. Stirling, Mathematical Methods and Algorithms for Signal Processing. Prentice-Hall, 2000.
- S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications. Pearson Education, Inc., 2005.
- S. Haykin, Adaptive Filter Theory. Prentice-Hall, 4th edition, 2002.
- A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- H. L. V. Trees, Optimum Array Processing. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2002.
- M. Haardt, Efficient One-, Two-, and Multidimensional High-Resolution Array Signal Processing. Shaker Verlag GmbH, 1996, ISBN: 978-3-8265-2220-8.
- G. Strang, Linear Algebra and Its Applications. Thomson Brooks/Cole Cengage learning.
- G. Strang, Introduction to Linear Algebra. Wellesley - Cambridge Press, Fifth Edition.
- L. L. Scharf, Statistical Signal Processing. Addison-Wesley Publishing Co., 1991.
- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing, Estimation Theory. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1993.
- M. Haardt, M. Pesavento, F. Roemer, and M. N. El Korso, Subspace methods and exploitation of special

array structures.

in Academic Press Library in Signal Processing: Volume 3 - Array and Statistical Signal Processing (A. M. Zoubir, M. Viberg, R. Chellappa, and S. Theodoridis, eds.), vol. 3, pp. 651 - 717, Elsevier Ltd., 2014, Chapter 15, ISBN 978-0-12-411597-2 ISBN: 978-3-8265-2220-8.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Informationstechnik

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200485

Prüfungsnummer: 210476

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0																								
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2111																								
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

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, Methoden zur Übertragung digitaler Signale über kontinuierliche Kanäle zu beschreiben und deren Leistungsfähigkeit anhand von Bandbreite- und Energieeffizienz zu beurteilen. Sie können einen optimalen Empfänger modellhaft konstruieren, dessen Prinzip beschreiben und seine Leistungsfähigkeit beurteilen.

Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls sicher mit den mathematischen Werkzeugen zur Beschreibung stochastischer Vorgänge umgehen, insbesondere können sie die Korrelationstheorie anwenden, Leistungsdichtespektren berechnen und interpretieren.

Nach der Teilnahme an rechnergestützten Praktika können die Studierenden selbstständig stochastische Prozesse numerisch analysieren oder die Leistungseffizienz digitaler Modulationsverfahren analysieren und mit theoretischen Abschätzungen vergleichen.

Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden ihre praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten in Bezug auf die Kommunikationstechnik einschätzen und haben gelernt, in einem Team Verantwortung zu übernehmen.

### Vorkenntnisse

Für alle Studiengänge sind Grundlagen der Mathematik und "Signale und Systeme 1" Voraussetzung für diese Veranstaltung.

### Inhalt

1. Einleitung
2. Analoge Modulationsverfahren
  - 2.1 Amplitudenmodulation
  - 2.2 Winkelmodulation
    - o Phasenmodulation (PM)
    - o Frequenzmodulation (FM)
3. Stochastische Prozesse
  - 3.0 Grundlagen stochastischer Prozesse
    - o Stationaritätsbegriffe
      - starke Stationarität (strict sense stationarity - SSS)
      - schwache Stationarität (wide sense stationarity - WSS)
    - 3.1 Scharmittelwerte stochastischer Signale
      - Beispiel 3.1: Kosinus mit Zufallsphase
    - 3.2 Zeitmittelwerte stochastischer Signale
      - o Ergodizität
    - 3.3 Zeitmittelwerte deterministischer Signale
      - 3.3.1 Autokorrelationsfunktion (AKF) periodischer Zeitfunktionen
      - 3.3.2 Autokorrelationsfunktion (AKF) aperiodischer deterministischer Zeitfunktionen
    - 3.4 Fouriertransformierte der Autokorrelationsfunktion (AKF)
      - 3.4.1 Spektrale Energiedichte
      - 3.4.2 Spektrale Leistungsdichte
        - Beispiel 3.1: Kosinus mit Zufallsphase (Fortsetzung)
        - Beispiel 3.2: Modulation eines Zufallsprozesses

- Beispiel 3.3: weißes Rauschen
- 4. Signalraumdarstellung
- 4.0 Einleitung
  - o Modell eines digitalen Kommunikationssystems (Quelle, Sender, Kanal, Empfänger)
  - o Definition und Eigenschaften von Skalarprodukten (Wiederholung aus der Vorlesung Schaltungstechnik)
- 4.1 Geometrische Darstellung von Signalen
  - o Darstellung von Signalen im Signalraum
  - o Gram-Schmidt'sches Orthogonalisierungsverfahren
- 4.2 Transformation des kontinuierlichen AWGN Kanals in einen zeitdiskreten Vektor-Kanal
  - o Struktur des Detektors bei der Übertragung von Signalen im Signalraum
  - o Statistische Beschreibung der Korrelatorausgänge
- 4.3 Kohärente Detektion verrauschter Signale
  - o Definition der der Likelihood-Funktion und der Log-Likelihood-Funktion
  - o Entwurf optimaler Empfängerkonzepte
    - Maximum a posteriori (MAP) Kriterium
    - Maximum Likelihood (ML) Kriterium
    - . Graphische Interpretation des ML Kriteriums
    - . ML Entscheidungsregel
    - Korrelationsempfänger
- 4.4 Analytische Berechnung der Fehlerwahrscheinlichkeit
  - o mittlere Symbolfehlerwahrscheinlichkeit
  - o Änderung der Fehlerwahrscheinlichkeit bei Rotation oder Translation im Signalraum
    - Konstellation mit minimaler mittlerer Energie'
  - o Definition der Pairwise Error Probability (PEP)
  - o Definition der Fehlerfunktion und der komplementären Fehlerfunktion
  - o Approximation der Symbolfehlerwahrscheinlichkeit
    - mit Hilfe der nächsten Nachbarn (Nearest Neighbor Approximation)
    - Union Bound Schranke
  - o Zusammenhang zwischen der Bitfehlerwahrscheinlichkeit und der Symbolfehlerwahrscheinlichkeit
- 5. Digitale Modulationsverfahren
- 5.1 Kohärente PSK Modulation
  - o binäre Phasentastung (BPSK - Binary Phase Shift Keying)
    - Sendesignale
    - Signalraumdiagramm
    - Sender- und Empfängerstruktur
    - Bitfehlerrate (BER)
    - Definition der Q-Funktion
  - o unipolare Amplitudentastung (ASK, On-Off-Keying)
    - Sendesignale
    - Signalraumdiagramm
    - Bitfehlerrate (BER)
  - o QPSK - Quadriphase Shift Keying
    - Sendesignale
    - Signalraumdiagramm
    - Sender- und Empfängerstruktur
    - Symbolfehlerrate (SER) und Bitfehlerrate (BER)
  - o Offset-QPSK
  - o M-wertige Phasentastung (M-PSK)
    - Sendesignale
    - Signalraumdiagramm
    - Beispiel: 8-PSK
  - o Leistungsdichtespektrum
    - anschauliche Herleitung
    - . Wiederholung der Beispiele 3.1 und 3.2
    - . AKF eines zufälligen binären Signals
    - Leistungsdichtespektrum von BPSK
    - Leistungsdichtespektrum von QPSK
    - Leistungsdichtespektrum von M-PSK
  - o Bandbreiteneffizienz von M-PSK
- 5.2 Hybride Amplituden- und Winkelmodulationsverfahren
  - o M-wertige Quadraturamplitudenmodulation (M-QAM)
    - Sendesignale
    - Signalraumdiagramm
    - (i) Quadratische M-QAM Konstellation
    - . Symbolfehlerrate und Bitfehlerrate
    - (ii) Kreuzförmige M-QAM Konstellation

### 5.3 Adaptive Modulation und Codierung (AMC)

- o Berechnung der mittleren Paketfehlerrate für unterschiedliche Paketlängen
- o Spektrale Effizienz und übertragene Datenrate des Systems
- o Erfüllung von Dienstgüte (Quality of Service) Anforderungen als Kriterium zum Wechseln des Modulationsverfahrens
- o Einfluß von Codierung und Granularität
- o Stand der Technik für Mobilfunksysteme der 4. Generation

### 5.4 Kohärente FSK

#### o Sunde's binäre Frequenzastung (B-FSK)

- Sendesignale
- Signalraumdiagramm
- Sender- und Empfängerstruktur
- Bitfehlerrate (BER)
- Leistungsdichtespektrum

#### o M-wertige FSK

- Sendesignale
- Signalraumdiagramm
- Leistungsdichtespektrum
- Bandbreiteneffizienz

#### o MSK (Minimum Shift Keying)

- Sendesignale
- Änderung des Nullphasenwinkels
- Realisierung von MSK mit Hilfe eines Quadraturmodulators
- Signalraumdiagramm
- Leistungsdichtespektrum

#### o GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)

- Sendesignale
- Änderung des Nullphasenwinkels
- Leistungsdichtespektrum

## 6. Grundbegriffe der Informationstheorie

### 6.1 Informationsgehalt und Entropie

### 6.2 Shannon'sches Quellencodierungstheorem

### 6.3 Datenkompression

### 6.4 Diskreter Kanal ohne Gedächtnis

### 6.5 Transinformation

### 6.6 Kanalkapazität

### 6.7 Shannon'sches Kanalcodierungstheorem

### 6.8 Differentielle Entropie und Transinformation für kontinuierliche Quellen

### 6.9 Informationstheoretisches Kapazitätstheorem

#### o Realisierungsgrenzen beim Systementwurf

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

Handschriftliche Entwicklung auf Präsenster und Präsentation von Begleitfolien über Videoprojektor  
Folienscript und Aufgabensammlung im Copy-Shop oder online erhältlich  
Literaturhinweise online

## Literatur

- J. Proakis and M. Salehi: Communication Systems Engineering. Prentice Hall, 2nd edition, 2002.
- J. G. Proakis and M. Salehi: Grundlagen der Kommunikationstechnik. Pearson Education Deutschland GmbH, 2004.
- S. Haykin: Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- K. Kammeyer: Nachrichtenübertragung. Teubner Verlag, 2. Auflage, 1996.
- H. Rohling: Einführung in die Informations- und Codierungstheorie. Teubner Verlag, 1995.
- F. Jondral: Nachrichtensysteme. Schönbach Fachverlag, 2001.
- F. Jondral and A. Wiesler: Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse für Ingenieure. Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig, 2000.
- A. Papoulis: Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. McGraw-Hill, 2nd edition, 1984.
- J. R. Ohm and H. D. Lüke: Signalübertragung. Springer Verlag, 8. Auflage, 2002.

## Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Informationstechnik mit der Prüfungsnummer 210476 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 120 Minuten mit einer Wichtung von 90% (Prüfungsnummer: 2100808)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 10% (Prüfungsnummer: 2100809)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

4 Praktikumsversuche, diese sollen innerhalb des regulären Vorlesungszeitraums vor der schriftlichen Prüfung erbracht werden. (Angebot jeweils im Sommersemester)

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Medientechnologie 2013  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Mobile Communications, Complete

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 150 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200486 Prüfungsnummer: 2100810

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 10 Workload (h): 300 Anteil Selbststudium (h): 210 SWS: 8.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2111

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	4	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

After completing this module, the students are able to understand current areas of mobile communication systems. They have a deep understanding of universal (timeless) principles that are applicable in several research areas and disciplines. They can confidently use several fundamental mathematical properties and "tricks", e.g., in the areas of linear algebra, stochastic processes, and time-varying systems. Fundamental concepts of mobile communication systems are developed in class, ranging from channel modeling to advanced multiple antenna systems. Moreover, important topics for the design of future wireless communication systems are also emphasized.

After participating in this course, the students are able to assess current hot topics from research and development in wireless communications (e.g., 5G, 6G). They are able to read and understand current IEEE journal and conference publications in this area. Moreover, they have been enabled to develop new research ideas and results that build on this published "state-of-the-art."

### Vorkenntnisse

Basics in stochastics and calculus

### Inhalt

- 1 Introduction
  - + Overview of mobile communication standards and applications (1G - 5G)
  - + 5G Vision and Requirements
  - + The Wireless Channel
    - Path loss
    - Shadowing
    - Fast fading
- 2 Mobile Communication Channels
  - + Review: Representation of Bandpass Signals and Systems
  - 2.1 Propagation Modelling
    - + Time variance (Doppler)
    - + Time-varying multipath channels
      - Transmission functions of the time-varying channel (1st set of Bello functions)
      - 4 ways to calculate the received signals
      - Identification of linear time-varying (LTV) systems
  - 2.2 Statistical Characterization of Multipath Channels
    - + Rayleigh channel (fading)
    - + Rician channel
    - + Channel Correlation Functions and Power Spectra of Fading Multipath Channels
      - Time-variations of the channel
      - Characterization of a WSSUS channel (2nd set of Bello functions)
  - 2.3 The effect of signal characteristics on the choice of a channel model
    - + Frequency non-selective channels
    - + Frequency selective channels
      - Truncated tapped delay line model of a frequency selective channel
  - 2.4 Space-Time Channel and Signal Models
    - + Generalization of the time-varying channel impulse response
      - First set of Bello functions extended to the spatial domain

- Example: specular L paths model (continued)
- + Homogeneous channels (WSSUS-HO model)
- + Correlation functions and power spectra extended to the spatial domain
- Second set of Bello functions extended to the spatial domain
- Coherence time, coherence frequency, coherence distance
- + Transmission functions extended to transmit and receive antenna arrays (MIMO)
- Definition of the array manifold
- + Notation for SISO, SIMO, MISO, and MIMO channels
- Example: L paths model (continued)
- + Classical IID Channel Model
- + Extended MIMO Channel Models
- Spatial fading correlation at the transmit and the receive arrays
- > Review of the eigenvalue decomposition (EVD)
- > General model
- > Kronecker model
- Additional Line-of-Sight (LOS) component
- + Sampled signal model for SISO, SIMO, MISO, and MIMO channels
- 3 Capacity of Space-Time Channels
- 3.1 Differential Entropy and Mutual Information for Continuous Ensembles (review)
- 3.2 Capacity Theorem for the AWGN SISO Case (review)
- 3.3 Capacity of the Flat Fading MIMO channel
- + Differential entropy for CSCG random vectors
- + Choosing  $R_{ss}$  (with and without CSI @ the transmitter)
- Singular Value Decomposition (SVD)
- Special case: uncorrelated Rayleigh fading and  $M_t$  very large
- + Parallel Spatial Sub-Channels
- Design of the precoder and the decoder for MIMO systems with CSI at the transmitter
- Optimum power allocation (waterpouring algorithm) with CSI at the transmitter
- + SIMO Channel Capacity
- + MISO Channel Capacity
- + Capacity of Random MIMO Channels
- Ergodic vs. non-ergodic channels
- Ergodic capacity
- > Examples, e.g., Rice, correlation
- Outage capacity
- 3.4 Capacity of the Frequency Selective MIMO channel
- + Space-Frequency Waterpouring
- 4 Transmission Techniques
- 4.1 Bit error probability
- + Binary signaling over Rayleigh fading channel
- 4.2 Diversity techniques for fading multipath channels
- + Frequency diversity
- + Time diversity
- + Space diversity
- + Post-processing techniques
- Selection combining, equal gain combining, maximum ratio combining, square-law combining
- 4.3 Approximation of the Probability of Symbol Error
- + Fading channel with D-fold diversity
- + Chernoff bound
- + Coding gain vs. diversity gain
- 5 Space-Time Processing
- 5.1 Receive antenna diversity (SIMO channel): MRC
- 5.2 Transmit antenna diversity
- + MISO channel unknown to the transmitter: Alamouti scheme (1998)
- + MISO channel known to the transmitter: MRT
- + MIMO channel unknown to the transmitter: Alamouti scheme (1998)
- + MIMO channel known to the transmitter: DET
- + Definition of the effective diversity order
- + Summary: Diversity of space-time-frequency selective channels
- 5.3 Space-Time Coding without channel state information (CSI) at the transmitter
- + Space-Time Coding for frequency flat channels
- + Space-Time codeword design criteria
- definition of the pairwise error probability (PEP)
- rank criterion
- determinant criterion
- + Orthogonal Space-Time Block Codes (OSTBCs)

- OSTBCs for real-valued constellations
- OSTBCs for complex-valued constellations
- + Spatial Multiplexing (SM) as a Space-Time Code
- + Encoder Structures for Spatial Multiplexing (SM)
- horizontal encoding
- vertical encoding
- diagonal encoding (D-BLAST transmission)
- 5.4 Gains achievable with smart antennas
- + Array Gain
- + Diversity Gain
- + Spatial Multiplexing Gain
- + Interference Reduction Gain
- frequency reuse and cluster sizes
- 5.5 Multi-User MIMO Systems
- + Block Diagonalization
- 5.6 Multiple access schemes
- + OFDM
- + Single carrier vs. OFDM vs. spread spectrum

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

Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

## Literatur

- A. Goldsmith, Wireless Communications. Cambridge University Press, 2005.
- C. E. Shannon, A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948.
- G. Strang, Introduction to Linear Algebra. Wellesley - Cambridge Press, Fifth Edition, 2016.
- G. Strang, Linear Algebra and Its Applications. Thomson Brooks/Cole Cengage learning, 2006.
- A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- A. Hottinen, O. Tirkkonen, and R. Wichman, Multi-antennas Transceiver Techniques for 3G and Beyond. Wiley, 2003.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications. Pearson Education, Inc., 2005.
- F. Jondral and A. Wiesler, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse für Ingenieure. Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig, 2000.
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. McGraw-Hill, 2nd edition, 1984.
- T. S. Rappaport, Wireless Communications. Prentice Hall, 1996.
- J. Proakis, Digital Communications. McGraw-Hill, 4th edition, 2001.
- G. L. Stüber, Mobile Communication. Kluwer Academic Publishers, 2nd edition, 2001.
- R. Steele and L. Hanzo, eds., Mobile Radio Communications.

Wiley, 2nd edition, 1999.

- S. Saunders, Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems. Wiley, 1999.
- A. Graham, Kronecker Products and Matrix Calculus with Applications. Halsted Press, 1981.
- E. G. Larson, P. Stoica, and G. Ganesan, Space-Time Block Coding for Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- H. Bölcskei, D. Gesbert, C. B. Papadias, and A.-J. van der Veen, eds., Space-Time Wireless Systems From Array Processing to MIMO Communications. Cambridge University Press, 2006.
- E. Biglieri, R. Calderbank, A. Constantinides, A. Goldsmith, A. Paulraj, and H. V. Poor, MIMO Wireless Communications. Cambridge University Press, 2007.
- C. Oestges and B. Clerckx, MIMO wireless communications. Academic Press, 1 ed., 2007.
- Q. H. Spencer, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "Zero-forcing methods for downlink spatial multiplexing in multi-user MIMO channels," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 52, pp. 461-471, Feb. 2004, received the 2009 Best Paper Award of the IEEE Signal Processing Society.
- Q. H. Spencer, C. B. Peel, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "An introduction to the multi-user MIMO downlink," IEEE Communications Magazine, pp. 60-67, Oct. 2004, special issue on MIMO Systems.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Communications and Signal Processing 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medieningenieurwissenschaften 2023  
Master Medientechnologie 2017

## Modul: Mobile Communications, Part 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 75 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200513 Prüfungsnummer: 2100848

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2111

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

After completing this module, the students are able to understand current areas of mobile communication systems. They have a deep understanding of universal (timeless) principles that are applicable in several research areas and disciplines. They can confidently use several fundamental mathematical properties and "tricks", e.g., in the areas of linear algebra, stochastic processes, and time-varying systems. Fundamental concepts of mobile communication systems are developed in class, ranging from channel modeling to advanced multiple antenna systems. Moreover, important topics for the design of future wireless communication systems are also emphasized.

After participating in this course, the students are able to assess current hot topics from research and development in wireless communications (e.g., 5G, 6G). They are able to read and understand current IEEE journal and conference publications in this area. Moreover, they have been enabled to develop new research ideas and results that build on this published "state-of-the-art."

### Vorkenntnisse

Basics in stochastics and calculus

### Inhalt

- 1 Introduction
  - + Overview of mobile communication standards and applications (1G - 5G)
  - + 5G Vision and Requirements
  - + The Wireless Channel
    - Path loss
    - Shadowing
    - Fast fading
- 2 Mobile Communication Channels
  - + Review: Representation of Bandpass Signals and Systems
  - 2.1 Propagation Modelling
    - + Time variance (Doppler)
    - + Time-varying multipath channels
      - Transmission functions of the time-varying channel (1st set of Bello functions)
      - 4 ways to calculate the received signals
      - Identification of linear time-varying (LTV) systems
  - 2.2 Statistical Characterization of Multipath Channels
    - + Rayleigh channel (fading)
    - + Rician channel
    - + Channel Correlation Functions and Power Spectra of Fading Multipath Channels
      - Time-variations of the channel
      - Characterization of a WSSUS channel (2nd set of Bello functions)
  - 2.3 The effect of signal characteristics on the choice of a channel model
    - + Frequency non-selective channels
    - + Frequency selective channels
      - Truncated tapped delay line model of a frequency selective channel
  - 2.4 Space-Time Channel and Signal Models

- + Generalization of the time-varying channel impulse response
- First set of Bello functions extended to the spatial domain
- Example: specular L paths model (continued)
- + Homogeneous channels (WSSUS-HO model)
- + Correlation functions and power spectra extended to the spatial domain
- Second set of Bello functions extended to the spatial domain
- Coherence time, coherence frequency, coherence distance
- + Transmission functions extended to transmit and receive antenna arrays (MIMO)
- Definition of the array manifold
- + Notation for SISO, SIMO, MISO, and MIMO channels
- Example: L paths model (continued)
- + Classical IID Channel Model
- + Extended MIMO Channel Models
- Spatial fading correlation at the transmit and the receive arrays
- > Review of the eigenvalue decomposition (EVD)
- > General model
- > Kronecker model
- Additional Line-of-Sight (LOS) component
- + Sampled signal model for SISO, SIMO, MISO, and MIMO channels
- 3 Capacity of Space-Time Channels
- 3.1 Differential Entropy and Mutual Information for Continuous Ensembles (review)
- 3.2 Capacity Theorem for the AWGN SISO Case (review)
- 3.3 Capacity of the Flat Fading MIMO channel
- + Differential entropy for CSCG random vectors
- + Choosing  $R_{ss}$  (with and without CSI @ the transmitter)
- Singular Value Decomposition (SVD)
- Special case: uncorrelated Rayleigh fading and  $M_t$  very large
- + Parallel Spatial Sub-Channels
- Design of the precoder and the decoder for MIMO systems with CSI at the transmitter
- Optimum power allocation (waterpouring algorithm) with CSI at the transmitter
- + SIMO Channel Capacity
- + MISO Channel Capacity
- + Capacity of Random MIMO Channels
- Ergodic vs. non-ergodic channels
- Ergodic capacity
- > Examples, e.g., Rice, correlation
- Outage capacity
- 3.4 Capacity of the Frequency Selective MIMO channel
- + Space-Frequency Waterpouring

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

Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

## Literatur

- A. Goldsmith, Wireless Communications. Cambridge University Press, 2005.
- C. E. Shannon, A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948.
- G. Strang, Introduction to Linear Algebra. Wellesley - Cambridge Press, Fifth Edition, 2016.
- G. Strang, Linear Algebra and Its Applications. Thomson Brooks/Cole Cengage learning, 2006.
- A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- A. Hottinen, O. Tirkkonen, and R. Wichman, Multi-antennas Transceiver Techniques for 3G and Beyond. Wiley, 2003.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications. Pearson Education, Inc., 2005.
- F. Jondral and A. Wiesler, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse für Ingenieure. Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig, 2000.
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes.

McGraw-Hill, 2nd edition, 1984.

- T. S. Rappaport, Wireless Communications.

Prentice Hall, 1996.

- J. Proakis, Digital Communications.

McGraw-Hill, 4th edition, 2001.

- G. L. Stüber, Mobile Communication.

Kluwer Academic Publishers, 2nd edition, 2001.

- R. Steele and L. Hanzo, eds., Mobile Radio Communications.

Wiley, 2nd edition, 1999.

- S. Saunders, Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems.

Wiley, 1999.

- A. Graham, Kronecker Products and Matrix Calculus with Applications.

Halsted Press, 1981.

- E. G. Larson, P. Stoica, and G. Ganesan, Space-Time Block Coding for Wireless Communications.

Cambridge University Press, 2003.

- H. Bölcskei, D. Gesbert, C. B. Papadias, and A.-J. van der Veen, eds., Space-Time Wireless Systems From Array Processing to MIMO Communications.

Cambridge University Press, 2006.

- E. Biglieri, R. Calderbank, A. Constantinides, A. Goldsmith, A. Paulraj, and H. V. Poor, MIMO Wireless Communications.

Cambridge University Press, 2007.

- C. Oestges and B. Clerckx, MIMO wireless communications.

Academic Press, 1 ed., 2007.

• Q. H. Spencer, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "Zero-forcing methods for downlink spatial multiplexing in multi-user MIMO channels," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 52, pp. 461-471, Feb. 2004, received the 2009 Best Paper Award of the IEEE Signal Processing Society.

• Q. H. Spencer, C. B. Peel, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt, "An introduction to the multi-user MIMO downlink," IEEE Communications Magazine, pp. 60-67, Oct. 2004, special issue on MIMO Systems.

[Detailangaben zum Abschluss](#)

[Link zum Moodle-Kurs](#)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Nachrichtentechnik

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

Modulnummer: 200494 Prüfungsnummer: 2100824

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2111

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 der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, Nachrichtenquellen und Übertragungskanäle informationstheoretisch zu beschreiben. Sie können die Grenzen der Nachrichtenübertragung berechnen und so die Effizienz konkreter Übertragungssysteme beurteilen. Die Hörerinnen und Hörer können Verfahren zur Quellencodierung anwenden und deren Güte einschätzen. Sie können Signale konstruieren, die das erste Nyquist-Kriterium erfüllen und den optimalen Empfänger auf der Basis eines signalangepassten Filters entwerfen und analysieren. Durch die gewonnenen Fertigkeiten können sie das Prinzip von Mehrträger - und von Vielfachzugriffssystemen verstehen und solche Systeme evaluieren. Nach Abschluss des Modules können die Studierenden ihre praktischen Fähigkeiten und Fertigkeiten einschätzen und sich mit Fachleuten über die Thematik austauschen. Nach dem Seminar haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand ausgewählter Beispiele vertieft.

### Vorkenntnisse

Für alle Studiengänge sind Grundlagen der Mathematik, "Signale und Systeme 1" und "Informationstechnik" Voraussetzung für diese Veranstaltung.

### Inhalt

- Die vor Kapitel 6 liegenden Inhalte werden im Fach Informationstechnik behandelt.
- 6. Informationstheorie
    - 6.1 Informationsgehalt und Entropie
    - 6.2 Shannon'sches Quellencodierungstheorem
    - 6.3 Datenkompression
    - 6.4 Diskreter Kanal ohne Gedächtnis
    - 6.5 Transinformation
    - 6.6 Kanalkapazität
    - 6.7 Shannon'sches Kanalcodierungstheorem
    - 6.8 Differentielle Entropie und Transinformation für kontinuierliche Quellen
    - 6.9 Informationstheoretisches Kapazitätstheorem
 => Realisierungsgrenzen beim Systementwurf
  - 7. Stochastische Prozesse
    - 7.1 Scharmittelwerte (Wdh.)
    - 7.2 Zeitmittelwerte (Wdh.)
    - 7.3 Zeitmittelwerte von deterministischen Signalen
      - 7.3.1 Autokorrelationsfunktion periodischer Zeitfunktionen
      - 7.3.2 Autokorrelationsfunktion aperiodischer deterministischer Zeitfunktionen (Energiesignale)
    - 7.4 Fouriertransformierte (Spektralfunktion) der AKF (Wdh.)
      - 7.4.1 Spektrale Energiedichte
      - 7.4.2 Spektrale Leistungsdichte
    - 7.5 Kreuzkorrelationsfunktionen und zugehörige Spektralfunktionen
    - 7.6 Abgetastete stochastische Vorgänge
  - 8. Stochastische Signale und lineare zeitinvariante Systeme
    - 8.1 Statistische Eigenschaften des Ausgangssignals
 => Linearer Mittelwert des Ausgangssignals  
 => AKF des Ausgangssignals

- => Spektrale Leistungsdichte des Ausgangssignals
- => Mittlere Leistung des Ausgangssignals (Berechnung im Frequenz- und Korrelationsbereich)
- 8.2 KKF zwischen Eingangs- und Ausgangssignal
- => Anwendung: Ermittlung der Gewichtsfunktion eines LTI-Systems
- => Messung an einem System das durch additives Rauschen gestört ist
- => Vergleich: Sinusmesstechnik - Korrelationsmesstechnik
- 9. Komplexe Signale und Systeme
- 9.1 Darstellung reeller Bandpasssignale im Basisband (Wdh.)
- 9.2 Komplexwertige Systeme (Wdh.)
- 9.3 Komplexwertige stochastische Prozesse
- 9.4 Basisbanddarstellung stochastischer Bandpasssignale
- 10. Nachrichtenübertragung über Kanäle mit additiven Rauschstörungen
- 10.1 Signalangepasste Filterung (Matched Filter)
- => Kosinus-Roll-Off-Filter
- => Beziehung zwischen dem Matched Filter und dem Korrelationsempfänger
- => Beispiel: QPSK im komplexen Tiefpassbereich
- => Signalangepasstes Filter für farbiges Rauschen
- 10.2 Spektrale Leistungsdichte linear modulierter Signale
- 11. Vielfachzugriffsverfahren
- 11.1 TDMA, FDMA
- 11.2 Code Divison Multiple Access (CDMA)
- => Spreizung bei DS-CDMA
- => Einfluß von Interferenz
- => Spreizcodes
- => Interferenz durch Vielfachzugriff
- => Mehrwegeausbreitung
- => RAKE Empfänger
- 11.3 OFDM

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

Entwicklung auf Präseniter und Präsentation von Begleitfolien über Videoprojektor. Folienscript und Aufgabensammlung im Copy-Shop oder online erhältlich Literaturhinweise online

#### Literatur

- C. E. Shannon, "A mathematical theory of communication," Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948.
- D. Kreß and D. Irmer, Angewandte Systemtheorie. Oldenbourg Verlag, München und Wien, 1990.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- F. Jondral and A. Wiesler, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse für Ingenieure. Teubner Verlag, Stuttgart/Leipzig, 2000.
- A. Papoulis, Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. McGraw-Hill, 2nd edition, 1984.
- A. Fettweis, Elemente nachrichtentechnischer Systeme. Teubner Verlag, 2. Auflage, Stuttgart/Leipzig, 1996.
- J. R. Ohm and H. D. Lüke, Signalübertragung. Springer Verlag, 8. Auflage, 2002.
- J. G. Proakis and M. Salehi, Grundlagen der Kommunikationstechnik. Pearson Education Deutschland GmbH, 2004.
- K.-D. Kammeyer, Nachrichtenübertragung. Teubner Verlag, 3 ed., 2004.
- I. A. Glover and P. M. Grant, Digital Communications. Person Prentice Hall, 1 ed.

#### Detailangaben zum Abschluss

[Link zum Moodle-Kurs](#)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Medientechnologie 2013  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Signale und Systeme 1

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

Modulnummer: 200495      Prüfungsnummer: 2100825

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik      Fachgebiet: 2111

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

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden befähigt, lineare physikalisch/technische Systeme mit Hilfe der Systemtheorie effizient und auf einheitlicher Basis zu beschreiben und deren grundlegenden Eigenschaften zu beurteilen.  
 Durch die Teilnahme an der Vorlesung können sie zeitlich veränderliche Vorgänge in den Frequenzbereich transformieren und "frequenzmäßig denken".  
 Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden die Signalübertragung über lineare Systeme sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich mathematisch beschreiben und analysieren und dabei routiniert mit den wesentlichen Gesetzen der Fouriertransformation umgehen.  
 Sie können nach Abschluss des Modules die Diskrete Fouriertransformation (DFT) als Werkzeug in der Signal- und Systemanalyse anwenden und deren Relevanz als Grundelement der modernen Signalverarbeitung beurteilen.

### Vorkenntnisse

Für alle Studiengänge sind Grundlagen der Mathematik Voraussetzung für diese Veranstaltung.

### Inhalt

- 0 Überblick und Einleitung
  - + Definition von Signalen und Systemen
  - + Beispiele für Signale und Systeme in diversen Wissenschaftsgebieten
- 1 Signaltheorie (Grundlagen)
  - + Eigenschaften von Signalen (periodisch - aperiodisch, deterministisch - stochastisch, Energiesignale - Leistungssignale)
  - 1.1 Fourier-Reihe
    - + komplexe Fourier-Reihe periodischer Signale
    - + Berechnung der komplexen Fourier-Koeffiziente
    - + Fourier-Reihe der periodischen Rechteckfolge
  - 1.2 Fouriertransformation
    - 1.2.1 Fourierintegrale
      - Beispiel 1.1: Rechteckimpuls
      - Beispiel 1.2:
        - a) linksseitig exponentiell ansteigendes Signal
        - b) rechtsseitig exponentiell abklingendes Signal
    - 1.2.2 Eigenschaften der Fouriertransformation
      - + Linearität
    - Beispiel 1.3: Kombination von einseitig exponentiellen Signalen
      - + Symmetrieeigenschaften (gerade, ungerade, reell, imaginär)
      - + Verschiebungssatz (Zeitverschiebung, Frequenzverschiebung)
    - Beispiel 1.4: modulierter Rechteckimpuls
      - + Zeitdehnung oder -pressung (Ähnlichkeitssatz)
      - + Dualität (Vertauschungssatz)
    - Beispiel 1.5: Spaltimpuls
      - + Zeitdifferentiationssatz
      - + Frequenzdifferentiationssatz

- Beispiel 1.6: Gaußimpuls
- + Faltung im Zeitbereich
- Beispiel 1.7: Dreieck-Zeitfunktion
- + Faltung im Frequenzbereich
- + Konjugiert komplexe Zeit- und Frequenzfunktion
- + Parsevalsche Gleichung
- Beispiel 1.5: Spaltimpuls (Fortsetzung)
- + Inverse Beziehung zwischen Zeit- und Frequenzbeschreibung
- 1.2.3 Fouriertransformation verallgemeinerter Funktionen
- + Ziele:
  - Fourier-Reihe als Spezialfall der Fouriertransformation
  - Fouriertransformation für Leistungssignale
  - Einheitsstoß (Diracscher Deltaimpuls)
  - + Ausblendeigenschaft des Einheitsstoßes
  - + Fouriertransformierte des Einheitsstoßes
  - Beispiel 1.8: Einheitsstoß als Grenzwert des Gaußimpulses
  - Beispiel 1.9: Harmonische Funktionen
  - Beispiel 1.10: Signumfunktion
  - Beispiel 1.11: Einheitssprung
  - + Zeitintegrationssatz
- Beispiel 1.12: Rampenfunktion
- + Frequenzintegrationssatz
- 1.2.4 Fouriertransformation periodischer Signale
- + Berechnung der Fourierkoeffizienten periodifizierter aperiodischer Funktionen aus der Fouriertransformation der aperiodischen Funktion
- Beispiel 1.13: Periodischer Rechteckimpuls
- Beispiel 1.14: Periodische Stoßfolge (ideale Abtastfunktion)
- 1.3 Abtastung im Zeit- und Frequenzbereich
- + Ideale Abtastung im Zeitbereich
- 1.3.1 Rekonstruktion aus Abtastwerten im Zeitbereich
- + Varianten der Rekonstruktion nach der Abtastung
- 1.3.2 Abtasttheorem
- + Abtasttheorem im Zeitbereich
- Beispiele: PCM, CD
- + Abtasttheorem im Frequenzbereich
- Beispiel: Messung von Mobilfunkkanälen (Channel Sounding)
- + Anwendungsbeispiele
- Beispiel 1.15: Pulsamplitudenmodulation (PAM) und Sample-and-Hold-Glied
- 1.4 Diskrete Fouriertransformation
- 1.4.1 Berechnung der DFT
- 1.4.2 Spektralanalyse mit Hilfe der DFT
  - a) periodische Funktionen
  - b) aperiodische Funktionen
- + Abbruchfehler
- + Aliasing
- 1.4.3 Matrixdarstellung der DFT
- + Eigenschaften der DFT
- 1.4.4 Numerische Beispiele
- Beispiel 1.16: DFT des abgetasteten Spaltimpulses
- Beispiel 1.17: DFT eines sinusförmigen Signals
- Beispiel 1.18: DFT der Dreieck-Zeitfunktion
- + Zero-Padding zur Verbesserung der optischen Darstellung der DFT
- 2 Lineare Systeme
- 2.1 Lineare zeitinvariante (LTI) Systeme
- Beispiel 2.1: RC-Glied
- 2.2 Eigenschaften und Beschreibungsgrößen von LTI-Systemen
  - + BIBO (Bounded-Input-Bounded-Output) Stabilität
  - + Kausalität
  - + Phasen- und Gruppenlaufzeit
  - + Testsignale für LTI-Systeme
- 2.3 LTI-Systeme mit idealisierten und elementaren Charakteristiken
- 2.3.1 Tiefpässe
  - + Idealer Tiefpaß
  - + Kurzzeitintegrator (Spalttiefpaß)
  - Beispiel 2.1: RC-Glied (Fortsetzung)
  - + Idealer Integrator

Literatur

- D. Kreß and D. Irmer, Angewandte Systemtheorie. Oldenbourg Verlag, München und Wien, 1990.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- A. Fettweis, Elemente nachrichtentechnischer Systeme. Teubner Verlag, 2. Auflage, Stuttgart/Leipzig, 1996.
- J. R. Ohm and H. D. Lüke, Signalübertragung. Springer Verlag, 8. Auflage, 2002.
- B. Girod and R. Rabenstein, Einführung in die Systemtheorie. Teubner Verlag, 2. Auflage, Wiesbaden, 2003.
- S. Haykin and B. V. Veen, Signals and Systems. John Wiley & Sons, second edition, 2003.
- T. Frey and M. Bossert, Signal- und Systemtheorie. Teubner Verlag Wiesbaden, 1. ed., 2004.
- B. L. Daku, MATLAB tutor CD : learning MATLAB superfast! John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- E. W. Kamen and B. S. Heck, Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB. Upper Saddle River, New Jersey 07458: Pearson Education, Inc. Pearson Prentice Hall, third ed., 2007.
- A. D. Poularikas, Signals and Systems Primer with MATLAB. CRC Press, 2007.
- U. Kiencke and H. Jäkel, Signale und Systeme. Oldenbourg Verlag München, 4 ed., 2008.
- D. Kreß and B. Kaufhold, "Signale und Systeme verstehen und vertiefen - Denken und Arbeiten im Zeit- und Frequenzbereich," Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010.
- J. H. McClellan, R. W. Schafer, and M. A. Yoder, Signal Processing First. 2nd ed., 2014.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Biomedizinische Technik 2021
- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Ingenieurinformatik 2021
- Bachelor Mathematik 2021
- Bachelor Mechatronik 2021
- Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023
- Bachelor Medientechnologie 2021
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET
- Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Physik 2023

## Modul: Signale und Systeme 2

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

Modulnummer: 200496 Prüfungsnummer: 2100826

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2111

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

Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, lineare zeitinvariante Systeme unter Verwendung der Laplace- und z-Transformation zu beschreiben und zu analysieren.  
 Sie können Aussagen zur Stabilität solcher Systeme treffen und die Übertragungscharakteristik von Filtern mit kontinuierlicher oder zeitdiskreter Impulsantwort sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich analysieren.  
 Sie können die Grundstrukturen solcher Filter beschreiben und selbstständig aus den Systemfunktionen herleiten.  
 Nach dem Modul sind die Studierenden zudem in der Lage, die Hilbert- und die Bandpass-Tiefpass-Transformation als Werkzeug einzusetzen, um in späteren Veranstaltungen Funkssysteme oder optische Systeme effizient analysieren zu können.  
 Nach dem Seminar haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse anhand praxisnaher Beispiele gefestigt.

### Vorkenntnisse

Für alle Studiengänge sind Grundlagen der Mathematik und "Signale und Systeme 1" Voraussetzung für diese Veranstaltung.

### Inhalt

Die vor Kapitel 2.3 liegenden Inhalte werden im Fach Signale und Systeme 1 behandelt.

- 2 Lineare Systeme
- 2.3 LTI-Systeme mit idealisierten und elementaren Charakteristiken
  - 2.3.1 Tiefpässe
    - + Idealer Tiefpaß
    - + Kurzzeitintegrator (Spalttiefpaß)
    - Beispiel 2.1: RC-Glied (Fortsetzung)
    - + Idealer Integrator
  - 2.3.2 Hochpässe
  - 2.3.3 Bandpässe
    - + Phasen- und Gruppenlaufzeit
  - 2.3.4 Zeitdiskrete Systeme
  - 2.3.5 Kammfilter
    - + Kammfilter in der Tontechnik
    - Beispiel 2.3: Kammfilter abgeleitet vom Spalttiefpaß
    - + Diskrete Hochpässe als Kammfilter
  - 2.3.6 Eigenschaften kausaler Systeme
  - 2.3.7 Idealisierte Phasencharakteristiken
- 2.4 Lineare frequenzinvariante (LFI) Systeme
  - Beispiel 2.2: Amplitudenmodulation (AM)
- 3 Komplexe Signale und Systeme
  - + Klassifikation von Übertragungssystemen
  - 3.1 Darstellung reeller Bandpaßsignale im Basisband
    - Beispiel 3.1: Quadraturamplitudenmodulation (QAM)
    - + Quadraturmodulator
    - + Quadraturdemodulator

- + Hilberttransformation eines reellen Bandpaßsignals
- + alternative Realisierung des Quadraturdemodulators
- 3.2 Komplexwertige Systeme
- 3.3 Abtastung von Bandpaßsignalen
- 4. Analoge und digitale Filter
- 4.1 Zusammenhänge zwischen der Fourier-Transformation, der Laplace-Transformation und der Z-Transformation
- 4.1.1 Laplace-Transformation
  - Beispiel 1.11: Einheitssprung (Fortsetzung)
  - + Faltungssatz
  - + Verschiebungssatz
  - + Differentiationssatz
- 4.1.2 Einseitige Z-Transformation
  - + Konvergenz der Z-Transformation
  - + Verschiebungssatz
  - Beispiel 4.1: Z-Transformation der Potenzreihe
  - + Anwendung zur Analyse und Synthese zeitdiskreter Systeme: Z-Transformation gebrochen rationaler Funktionen
  - Beispiel 1.11: Einheitssprung (Fortsetzung)
- 4.2 Filter
- 4.2.1 Verzweigungsnetzwerk
  - + Übertragungsfunktion
  - + Sonderfälle
    - a) idealer Integrator (Laplace-Transformation)
    - b) ideales Verzögerungsglied (Z-Transformation)
  - + Beispiele
- 4.2.2 Pole und Nullstellen in der p- und z-Ebene
  - + Zusammenhang zwischen der p- und z-Darstellung
  - + Zulässige PN-Lagen
  - + Minimalphasensysteme
  - + Allpaß-Konfigurationen
  - Beispiel 4.2: Allpaß 1. Grades
- 4.2.3 Realisierbare Elementarsysteme für diskrete Systeme
  - + Reeller Pol in der z-Ebene
  - + Reelle Nullstelle in der z-Ebene
- 4.2.4 Zeitdiskrete rekursive (IIR) und nichtrekursive (FIR) Systeme
  - + Rekursive IIR-Systeme
  - + Nichtrekursive FIR-Systeme
  - + Eigenschaften des inversen Systems
- 4.2.5 Matrixdarstellung von FIR Systemen
  - + Effiziente Berechnung der linearen Faltung im Frequenzbereich
  - + Eigenwerte und Eigenvektoren einer zyklischen Matrix

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

Handschriftliche Entwicklung auf Präsenster und Präsentation von Begleitfolien, Folienscript und Aufgabensammlung im Copyshop oder online erhältlich, Literaturhinweise online.

#### Literatur

- D. Kreß and D. Irmer, Angewandte Systemtheorie. Oldenbourg Verlag, München und Wien, 1990.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- A. Fettweis, Elemente nachrichtentechnischer Systeme. Teubner Verlag, 2. Auflage, Stuttgart/Leipzig, 1996.
- J. R. Ohm and H. D. Lüke, Signalübertragung. Springer Verlag, 8. Auflage, 2002.
- B. Girod and R. Rabenstein, Einführung in die Systemtheorie. Teubner Verlag, 2. Auflage, Wiesbaden, 2003.
- S. Haykin and B. V. Veen, Signals and Systems. John Wiley & Sons, second edition, 2003.
- T. Frey and M. Bossert, Signal- und Systemtheorie. Teubner Verlag Wiesbaden, 1. ed., 2004
- E. W. Kamen and B. S. Heck, Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB, Upper Saddle River, New Jersey, Pearson Prentice Hall, 3rd edition, 2007.
- A. D. Poularikas, Signals and Systems Primer with MATLAB, CRC Press, 2007.

- U. Kiencke and H. Jäkel, Signale und Systeme, Oldenbourg Verlag München, 4. Auflage, 2008.
- D. Kreß and B. Kaufhold, Signale und Systeme verstehen und vertiefen - Denken und Arbeiten im Zeit- und Frequenzbereich, Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010.
- B. L. Daku, MATLAB tutor CD : learning MATLAB superfast!  
John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- J. H. McClellan, R. W. Schafer, and M. A. Yoder, Signal Processing First. 2nd ed., 2014.
- E. W. Kamen and B. S. Heck, Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB.  
Upper Saddle River, New Jersey 07458: Pearson Education, Inc. Pearson Prentice Hall, third ed., 2007.
- A. D. Poularikas, Signals and Systems Primer with MATLAB.  
CRC Press, 2007.
- U. Kiencke and H. Jäkel, Signale und Systeme.  
Oldenbourg Verlag München, 4 ed., 2008.
- D. Kreß and B. Kaufhold, "Signale und Systeme verstehen und vertiefen - Denken und Arbeiten im Zeit- und Frequenzbereich," Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010.
- J. H. McClellan, R. W. Schafer, and M. A. Yoder, Signal Processing First.  
2nd ed., 2014.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
 Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
 Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
 Bachelor Mathematik 2021  
 Bachelor Medientechnologie 2013  
 Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
 Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: 2D-Systemtheorie

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200532 Prüfungsnummer: 2100871

Modulverantwortlich: Dr. Sylvia Bräunig

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2116

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 kennen nach den Vorlesungen und Übungen die grundlegenden Definitionen und Methoden und sind mit den theoretischen Zusammenhängen zur 2D-Systemtheorie vertraut.  
 Die Studierenden sind in der Lage diese Methoden und Techniken bei Aufgaben der mehrdimensionalen Signalverarbeitung, wie Feldberechnungen, Kraftberechnungen usw. - also bei multidimensionalen und multisensorischen Datenströmen - anhand ausgewählter Algorithmen zu bewerten und anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Signal- und Systemtheorie

### Inhalt

- 1) Integraltransformationen zur Datenverarbeitung und Kennwertextraktion
  - 1D und 2D; problemangepasste Zeit-Frequenz-Repräsentationen mittels Fouriertransformation, Wavelet-Transformation und Wigner Transformation
  - Beschreibung von Eigenschaften und Effekten beim Übergang von 1D zu 2D
- 2) Einsatz von zwei- und mehrdimensionalen Methoden, wie
  - Künstlichen Neuronalen Netz,
  - Zellulären Automaten,
  - Zellulären Neuronalen Netze,
  - systolischen Arrays und Algorithmen u.a.

- zur Modellbildung und Bestimmung von Modellparametern unter Berücksichtigung der physikalischen Verursachungsmechanismen  
 - angewandt auf aktuelle Forschungsschwerpunkte z.B. zur Auswertung multidimensionaler und multisensorischer Daten (Elektromagnetischer Felder, Kraft-Momenten-Messungen, bei der Auswertung biomedizinischer Daten, Gebäude- und Umweltmessdaten usw.)
- 3) Anwendung o.g. Paradigmen und deren Kombinationen zur Entwicklung elektronisch realisierbarer Strukturen (z.B. basierend auf memristiven Bauelemente-Charakteristiken)
- 4) Betrachtung anwendungsabhängiger Anforderungen, wie zeit- und ortsspezifische Synchronisation, Dimensionsreduktion, Normierung usw.

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

Tafelanschrieb; Arbeitsblätter zu den Vorlesungen;  
 Mathematica Notebooks mit Animationen bzw. Simulationsmöglichkeiten

### Literatur

Vorlesungsskript; Mathematica Notebooks

### 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 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Adaptive and Array Signal Processing, Part 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung schriftlich 75 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Englisch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200506	Prüfungsnummer: 2100840
---------------------	-------------------------

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2111

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

After completing this module, the students are able to understand the fundamental concepts of adaptive filters and array signal processing. These concepts include the mathematical background, in particular concepts and "tricks" that can be used for the derivation of new research results. Furthermore, they range from adaptive temporal and spatial filters to (multi-dimensional) high-resolution parameter estimation techniques and tensor-based signal processing concepts. The students have a deep understanding of these universal (timeless) principles that are applicable in several research areas and disciplines.

The students are enabled to read and understand current research publications in the areas of adaptive filters and array signal processing. They are able to use these concepts and results for their own research and understand the presentations about these topics at international conferences. Furthermore, they are able to read and understand current IEEE journal and conference publications in this area. Moreover, they have been enabled to develop new research ideas and results that build on this published "state-of-the-art."

### Vorkenntnisse

### Inhalt

- 1 Introduction
  - Adaptive Filters
  - Single channel adaptive equalization (temporal filter)
  - Multi channel adaptive beamforming (spatial filter)
- 2 Mathematical Background
  - 2.1 Calculus
    - Gradients
    - Differentiation with respect to a complex vector
    - Quadratic optimization with linear constraints (method of Lagrangian multipliers)
  - 2.2 Stochastic processes
    - Stationary processes
    - Time averages
    - Ergodic processes
  - 2.3 Linear algebra
    - Correlation matrices
    - Eigenvalue decomposition
    - Eigenfilter
    - Linear system of equations
    - Four fundamental subspaces
    - Singular value decomposition
    - Generalized inverse of a matrix
    - Projections
    - Low rank modeling
- 3 Adaptive Filters
  - 3.1 Linear Optimum Filtering (Wiener Filters)
    - Principle of Orthogonality
    - Wiener-Hopf equations
    - Error-performance surface
    - MMSE (minimum mean-squared error)

- Canonical form of the error-performance surface
- MMSE filtering in case of linear Models
- 3.2 Linearly Constrained Minimum Variance Filter
  - LCMV beamformer
  - Minimum Variance Distortionless Response (MVDR) spectrum: Capon's method
  - LCMV beamforming with multiple linear constraints
- 3.3 Generalized Sidelobe Canceler
- 3.4 Iterative Solution of the Normal Equations
  - Steepest descent algorithm
  - Stability of the algorithm
  - Optimization of the step-size
- 3.5 Least Mean Square (LMS) Algorithm
- 3.6 Recursive Least Squares (RLS) Algorithm
- 4 High-Resolution Parameter Estimation
  - Data model (DOA estimation)
  - Eigendecomposition of the spatial correlation matrix at the receive array
  - Subspace estimates
  - Estimation of the model order
- 4.1 Spectral MUSIC
  - DOA estimation
  - Example: uniform linear array (ULA)
  - Root-MUSIC for ULAs
  - Periodogram
  - MVDR spatial spectrum estimation (review)
- 4.2 Standard ESPRIT
  - Selection matrices
  - Shift invariance property
- 4.3 Signal Reconstruction
  - LS solution
  - MVDR / BLUE solution
  - Wiener solution (MMSE solution)
  - Antenna patterns
- 4.4 Spatial smoothing

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

Skript, Overheadprojektor, Beamer Script, projector

Literatur

- T. Kaiser, A. Bourdoux, H. Boche, Smart Antennas State of The Art.
- Hindawi Publishing Corporation, 2005.
- A. H. Sayed, Fundamentals of Adaptive Filtering. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2003.
- T. K. Moon and W. C. Stirling, Mathematical Methods and Algorithms for Signal Processing. Prentice-Hall, 2000.
- S. Haykin and M. Moher, Modern Wireless Communications. Pearson Education, Inc., 2005.
- S. Haykin, Adaptive Filter Theory. Prentice-Hall, 4th edition, 2002.
- A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications. Cambridge University Press, 2003.
- H. L. V. Trees, Optimum Array Processing. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 2002.
- M. Haardt, Efficient One-, Two-, and Multidimensional High-Resolution Array Signal Processing. Shaker Verlag GmbH, 1996, ISBN: 978-3-8265-2220-8.
- G. Strang, Linear Algebra and Its Applications. Thomson Brooks/Cole Cengage learning.
- G. Strang, Introduction to Linear Algebra. Wellesley - Cambridge Press, Fifth Edition.
- L. L. Scharf, Statistical Signal Processing. Addison-Wesley Publishing Co., 1991.
- S. M. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing, Estimation Theory. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1993.
- M. Haardt, M. Pesavento, F. Roemer, and M. N. El Korso, Subspace methods and exploitation of special

array structures.

in Academic Press Library in Signal Processing: Volume 3 - Array and Statistical Signal Processing (A. M. Zoubir, M. Viberg, R. Chellappa, and S. Theodoridis, eds.), vol. 3, pp. 651 - 717, Elsevier Ltd., 2014, Chapter 15, ISBN 978-0-12-411597-2 ISBN: 978-3-8265-2220-8.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Master Ingenieurinformatik 2014

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Allgemeine Elektrotechnik 1

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200481

Prüfungsnummer: 210473

Modulverantwortlich: Dr. Sylvia Bräunig

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 82	SWS: 6.0																																							
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik		Fachgebiet: 2116																																								
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	V	S	P	V	S	P						
semester	3	2	0	0	0	1																																				

**Lernergebnisse / Kompetenzen**

Die Studierenden verstehen die grundlegenden physikalischen Zusammenhänge und Erscheinungen des Elektromagnetismus, beherrschen den zur Beschreibung erforderlichen mathematischen Apparat und können ihn auf einfache elektrotechnische Aufgabenstellungen anwenden.

Die Studierenden sind in der Lage, lineare zeitvariante elektrische Systeme bei Erregung durch Gleichgrößen, sowie bei einfachsten transienten Vorgängen zu beschreiben und zu analysieren.

Sie haben die Fähigkeit einfache nichtlineare Schaltungen bei Gleichstromerregung zu analysieren und können die Temperaturabhängigkeit von resistiven Zweipolen berücksichtigen.

Die Studierenden kennen die Beschreibung der wesentlichen Umwandlungen von elektrischer Energie in andere Energieformen und umgekehrt, können sie auf Probleme der Ingenieurpraxis anwenden und sind mit den entsprechenden technischen Realisierungen in den Grundlagen vertraut.

Die Studierenden verstehen die grundsätzlichen Zusammenhänge der Magnetostatik (Durchflutungsgesetz) und können sie auf geometrisch einfache technische Anordnungen (Technische Magnetkreise) anwenden.

Die in den Vorlesungen und Übungen erworbenen theoretischen Kenntnisse und analytischen Fähigkeiten bei der Bearbeitung elektrotechnischer Aufgabenstellungen sind im Praktikum um den Erwerb von Fertigkeiten im Umgang mit Messgeräten und aufgabenspezifischen Messmethoden gefestigt und erweitert worden. Nach den Experimenten können die Studierenden die Verifizierung der theoretischen Modelle und die Interpretation der Ergebnisse hinsichtlich Modellgrenzen und Fehlereinflüssen ausführen. Die Studierenden sind in der Lage versuchsspezifische Messaufbauten zu planen, die Ergebnisse auszuwerten und in geeigneter Form grafisch darzustellen, zu bewerten und zu interpretieren.

**Vorkenntnisse**

keine

**Inhalt**

Grundbegriffe und Grundbeziehungen der Elektrizitätslehre (elektrische Ladung, Kräfte auf Ladungen; elektrische Feldstärke, elektrische Spannung und elektrisches Potenzial)

Vorgänge in elektrischen Netzwerken bei Gleichstrom (Grundbegriffe und Grundgesetze, Grundstromkreis, Kirchhoffsche Sätze, Zweipoltheorie für lineare und nichtlineare Zweipole, Knotenspannungsanalyse)

Elektrothermische Energiewandlungsvorgänge in Gleichstromkreisen (Grundgesetze, Erwärmungs- und Abkühlungsvorgang, Anwendungsbeispiele)

Das stationäre elektrische Strömungsfeld (Grundgleichungen, Berechnung symmetrischer Felder in homogenen Medien, Leistungsumsatz, Vorgänge an Grenzflächen)

Das elektrostatische Feld, elektrische Erscheinungen in Nichtleitern (Grundgleichungen, Berechnung symmetrischer Felder, Vorgänge an Grenzflächen, Energie, Energiedichte, Kräfte und Momente, Kapazität und Kondensatoren, Kondensatoren in Schaltungen bei Gleichspannung, Verschiebungsstrom, Auf- und Entladung eines Kondensators)

Der stationäre Magnetismus (Grundgleichungen, magnetische Materialeigenschaften, Berechnung, einfacher Magnetfelder, Magnetfelder an Grenzflächen, Berechnung technischer Magnetkreise bei Gleichstromerregung, Dauermagnetkreise);

Versuche zu Vielfachmesser, Kennlinien und Netzwerke / Messungen mit dem Oszilloskop / Schaltverhalten an C und L / Technischer Magnetkreis

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

Handschriftliche Entwicklung analytischer Zusammenhänge, Freihandexperimente, Abbildungen, Animationen und Simulationen (Mathematica)

Selbststudienunterstützung durch webbasierte multimediale Lernumgebungen (getsoft.net) und Lerncontentmanagementsystem (moodle) mit SelfAssessments

## Literatur

Seidel, Wagner: Allgemeine Elektrotechnik 1: Gleichstrom - Felder - Wechselstrom, 2003 Hanser Verlag bzw. 2009 Unicopy Campus Edition

Paul, Paul: Grundlagen der Elektrotechnik (Band 1: Gleichstromnetzwerke und ihre Anwendungen, Band 2: Elektromagnetische Felder und ihre Anwendungen) Springer Vieweg 2012

Weißgerber: Elektrotechnik für Ingenieure, Vieweg

## Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Allgemeine Elektrotechnik 1 mit der Prüfungsnummer 210473 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 120 Minuten mit einer Wichtung von 80% (Prüfungsnummer: 2100801)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 20% (Prüfungsnummer: 2100802)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

4 LP

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

1 LP

Praktikum, Nachweis über Testatkarte

4 Praktikumsversuche (Vielfachmesser, Kennlinien und Netzwerke / Messungen mit dem Oszilloskop / Technischer Magnetkreis / Schaltverhalten an C und L)

## Link zum Moodle-Kurs

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021

Bachelor Biomedizinische Technik 2021

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Bachelor Fahrzeugtechnik 2021

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Ingenieurinformatik 2021

Bachelor Maschinenbau 2021

Bachelor Mathematik 2021

Bachelor Mechatronik 2021

Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023

Bachelor Medientechnologie 2021

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

Bachelor Technische Physik 2023

Bachelor Werkstoffwissenschaft 2021

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Diplom Maschinenbau 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Allgemeine Elektrotechnik 2

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

Modulnummer: 200487      Prüfungsnummer: 210478

Modulverantwortlich: Dr. Sylvia Bräunig

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2116

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	0	0	1																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden verstehen die grundlegenden physikalischen Zusammenhänge und Erscheinungen des Elektromagnetismus, beherrschen den zur Beschreibung erforderlichen mathematischen Apparat und können ihn auf einfache elektrotechnische Aufgabenstellungen anwenden.

Die Studierenden verstehen die grundsätzlichen Zusammenhänge des Elektromagnetismus (Durchflutungsgesetz, Induktionsgesetz) und können sie auf geometrisch einfache technische Anordnungen anwenden.

Die Studierenden können lineare zeitinvariante elektrische Schaltungen und Systeme bei Erregung durch sinusförmige Wechselspannungen im stationären Fall analysieren. Sie kennen die notwendigen Zusammenhänge und mathematischen Methoden (analytisch und grafisch) und verstehen die Eigenschaften von wesentlichen Baugruppen, Systemen und Verfahren der Wechselstromtechnik. Sie können ihr Wissen auf einfache praxisrelevante Aufgabenstellungen anwenden.

Die in den Vorlesungen und Übungen erworbenen theoretischen Kenntnisse und analytischen Fähigkeiten bei der Bearbeitung elektrotechnischer Aufgabenstellungen sind im Praktikum um den Erwerb von Fertigkeiten im Umgang mit Messgeräten und aufgabenspezifischen Messmethoden gefestigt und erweitert worden. Nach den Experimenten können die Studierenden die Verifizierung der theoretischen Modelle und die Interpretation der Ergebnisse hinsichtlich Modellgrenzen und Fehlereinflüssen ausführen. Die Studierenden sind in der Lage versuchsspezifische Messaufbauten zu planen, die Ergebnisse auszuwerten und in geeigneter Form grafisch darzustellen, zu bewerten und zu interpretieren.

### Vorkenntnisse

Allgemeine Elektrotechnik 1

### Inhalt

Elektromagnetische Induktion (Faradaysches Induktionsgesetz, Ruhe- und Bewegungsinduktion; Selbstinduktion und Induktivität; Gegeninduktion und Gegeninduktivität, Induktivität und Gegeninduktivität in Schaltungen, Ausgleichsvorgänge in Schaltungen mit einer Induktivität bei Gleichspannung)

Energie, Kräfte und Momente im magnetischen Feld (Grundgleichungen, Kräfte auf Ladungen, Ströme und Trennflächen, Anwendungsbeispiele, magnetische Spannung)

Wechselstromkreise bei sinusförmiger Erregung (Zeitbereich)(Kenngrößen, Darstellung und Berechnung, Bauelemente R, L und C)

Wechselstromkreise bei sinusförmiger Erregung mittels komplexer Rechnung (Komplexe Darstellung von Sinusgrößen, symbolische Methode, Netzwerkanalyse im Komplexen, komplexe Leistungsgrößen, grafische Methoden: topologisches Zeigerdiagramm, Ortskurven; Frequenzkennlinien, Übertragungsverhalten und Kenngrößen; Anwendungsbeispiele)

Spezielle Probleme der Wechselstromtechnik (Schaltungen mit frequenzselektiven Eigenschaften, Resonanzkreise, Wechselstrommessbrücken, Transformator, Dreiphasensystem)

Rotierende elektrische Maschinen

Versuche zu Spannung, Strom, Leistung im Drehstromsystem / Frequenzverhalten einfacher Schaltungen / Gleichstrommaschine / Gleichstrommagnet

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

Handschriftliche Entwicklung analytischer Zusammenhänge, Freihandexperimente, Abbildungen, Animationen

und Simulationen (Mathematica)  
Selbststudienunterstützung durch webbasierte multimediale Lernumgebungen (getsoft.net) und  
Lerncontentmanagementsystem (moodle) mit SelfAssessments

#### Literatur

Seidel, Wagner: Allgemeine Elektrotechnik 1: Gleichstrom - Felder - Wechselstrom, 2003 Hanser Verlag bzw. 2009 Unicopy Campus Edition  
Seidel, Wagner: Allgemeine Elektrotechnik 2: Wechselstromtechnik, Ausgleichsvorgänge, Leitungen, 2006 Hanser Verlag bzw. Unicopy Campus Edition  
Paul, Paul: Grundlagen der Elektrotechnik (Band 1: Gleichstromnetzwerke und ihre Anwendungen, Band 2: Elektromagnetische Felder und ihre Anwendungen) Springer Vieweg 2012  
Weißgerber: Elektrotechnik für Ingenieure, Vieweg

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Allgemeine Elektrotechnik 2 mit der Prüfungsnummer 210478 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 120 Minuten mit einer Wichtung von 80% (Prüfungsnummer: 2100812)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 20% (Prüfungsnummer: 2100813)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:  
4 LP

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
1 LP

Praktikum, Nachweis über Testatkarte  
4 Praktikumsversuche (Spannung, Strom, Leistung im Drehstromsystem / Frequenzverhalten einfacher Schaltungen / Gleichstrommaschine / Mechano-elektro-magnetische Systeme)

#### Link zum Moodle-Kurs

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021  
Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Bachelor Fahrzeugtechnik 2021  
Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
Bachelor Maschinenbau 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Mechatronik 2021  
Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023  
Bachelor Medientechnologie 2021  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Bachelor Werkstoffwissenschaft 2021  
Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET  
Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Diplom Maschinenbau 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Audio Coding

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200611	Prüfungsnummer: 210505
---------------------	------------------------

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Gerald Schuller

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2184

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

The goal was to understand algorithms for audio compression and being able to program them in Python. The students have learned to describe the methods of audio coding, and can classify them. After attending the course they can summarize these methods. After attending the seminar, they have learned the skills to implement these methods in the programming language Python. At the end they should be able to evaluate theirs and their peers performance.

Nachdem Studierende die Veranstaltung besucht haben, können sie die Algorithmen und Prinzipien der Audiocodierung beschreiben und erklären.

Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, verschiedene Typen der Audiocodierung zu klassifizieren.

Nach dem Besuch der Vorlesung können die Studierenden die erworbenen Kenntnisse über die Audiocodierung zusammenfassen

Nach dem Seminar haben die Studierenden ihre in der Vorlesung erworbenen theoretischen Kenntnisse gelernt anzuwenden, durch die Implementierung einzelner Teile aus der Audiocodierung in der Programmiersprache Python.

### Vorkenntnisse

Knowledge in Media Technology, Electrical Engineering, Digital Signal Processing, Advanced Digital Signal Processing

### Inhalt

Topics:

1. Overview
2. Psychoacoustics
3. Quantization and Coding
4. Filterbanks 1
5. Filterbanks 2;
6. MPEG-1/2 BC Audio
7. PAC
8. MPEG-2/4 AAC
9. Audio Quality Assessment
10. Parametric Coding

11. Stereo Coding

12. Prediction and Lossless Coding

13. IntMDCT

14. Ultra Low Delay Coder

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

Moodle 2, Lecture slides, script, Python example programs

Technischen Voraussetzungen für Moodle-Exam gemäß [https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpsl-](https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpsl-pand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx)

[pand/SitePages/Handreichungen\\_Arbeitshilfen.aspx](https://intranet.tu-ilmenau.de/site/vpsl-pand/SitePages/Handreichungen_Arbeitshilfen.aspx)

Computer, Browser, Internet

Literatur

- Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schafer, John R. Buck: "Discrete-Time Signal Processing", Prentice Hall, 2nd Edition, 1998
- N.S. Jayant, Peter Noll: "Digital Coding of Waveforms", not published anymore
- P.P. Vaidyanathan: "Multirate Systems and Filter Banks", Prentice Hall, 1993
- M.Bosi, R.E. Goldberg: "Introduction to Digital Audio Coding and Standards", Kluwer Academic Publishers, 2002
- K.D.Kammeyer, K. Kroschel: "Digitale Signalverarbeitung. Filterung und Spektralanalyse mit MATLAB Übungen", B.G. Teubner Verlag, 2002
- John G. Proakis: "Digital Communications", McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 4th Edition, 2000
- Yiteng(Arden) Huang, Jacob Benesty (Eds.): "Audio Signal Processing For Next-Generation Multimedia Communication Systems", Kluwer Academic Publishers Group, 2004; especially Chapter 11: "Audio Coding" by G.Schuller
- A. Spanias, T. Painter, V. Atti: "Audio Signal Processing and Coding", Wiley-Interscience, New York, 2007
- J. Breebaart, C. Faller: "Spatial Audio Processing - MPEG Surround and Other Applications", Wiley, Chichester, 2007

Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Audio Coding mit der Prüfungsnummer 210505 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 30% (Prüfungsnummer: 2100963)
- elektronische Abschlussleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 70% (Prüfungsnummer: 2100964)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

Während des Semesters bearbeiten die Studenten kleine 2-Wöchige Programmierprojekte, die den Stoff der Vorlesung umsetzen. Dies ist eine Fertigkeit die sie nur durch diese entsprechende Übung erlernen können, und die auch nur dadurch geprüft werden kann.

During the semester, the students work on small 2-week programming projects. This way they acquire the skill to implement the theoretical approaches from the lecture, and this practice is the only way to acquire and test this skill.

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Elektronische Abschlussleistung am Ende des Semesters. Diese prüft die theoretischen Kenntnisse, welche die Studenten durch die Vorlesung erlernt haben.

Electronic exam at the end of the semester. This tests the knowledge of the theoretical concepts of the lecture.

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Communications and Signal Processing 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2014 Vertiefung IKT

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Medieningenieurwissenschaften 2023

Master Medientechnologie 2017

## Modul: Energieeinsatzoptimierung - Grundlagen

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

Modulnummer: 200571      Prüfungsnummer: 2100913

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Bretschneider

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik      Fachgebiet: 2167

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 haben Kenntnisse in:

- Energieversorgungssysteme Strom, Gas und Wärme/Kälte
- Cross-sektorale Energiesysteme - Sektorenkopplung Strom, Wärme/Kälte, Gas, Wasser, Mobilität, Produktion
- Liberalisierte Energiemärkte Strom und Gas
- Regulatorische Rahmenbedingungen und die zu unterstützenden Markt- und Kommunikationsprozesse
- Energietechnische und energiewirtschaftliche Planungs- und Betriebsführungsprozesse
- Aufgaben, Methoden und Prozesse des Energiemanagements und Energiedatenmanagements
- Signal- und Prozessanalysemethoden zur datenbasierten Modellbildung
- Methoden zur Primärdatenaufbereitung
- Deterministische und stochastische Methoden zur Energieprognose
- Vorgehensweise und Modellierung energiewirtschaftlicher Problemstellungen
- Optimierungsverfahren für lineare und gemischt ganzzahlige Problemstellungen

### Erwerb von Kompetenzen

- Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die Grundlagen energietechnischer und energiewirtschaftlicher Prozesse zu erklären sowie die Leistungsfähigkeit und Grenzen der betrachteten Verfahren abzuleiten.
- Die Studierenden sind nach der Vorlesung befähigt, zwischen den markt- und netzseitigen Aufgaben und Anforderungen für die optimale Betriebsführung zu unterscheiden.
- Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, die unterschiedlichen Anforderungen an die Methoden zur Primärdatenaufbereitung zu beurteilen und darauf basierend plausibilisierte Daten zu erzeugen und technische Kennwerte zu bestimmen.
- Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls verschiedene Methoden zur Zeitreihenanalyse und -vorhersage zusammenfassen.
- Die Studierenden können die Methoden zur Energieeinsatzoptimierung beurteilen und sind fähig, Optimierungsmodelle zu erstellen und korrekt zu lösen.
- Nach dem Besuch eines rechnergestützten Seminars können die Studierenden die Eigenschaften relevanter Optimierungsmodelle beurteilen.
- Nach Abschluss des Modules können die Studierenden in Beziehungen zu ihren Mitmenschen der Situation angemessen zu handeln.

### Vorkenntnisse

Wünschenswerte Vorkenntnisse:

- Grundlagen elektrischer Energieversorgungssysteme
- Grundlagen der Prozess- und Datenanalyse
- Physikalische Grundlagen im Bereich thermischer Prozesse
- Mathematische Grundlagen im Bereich der Optimierung

## Inhalt

Einführung in die Energieeinsatzoptimierung: Energietechnische und energiewirtschaftliche Grundlagen; Liberalisierte Energiemärkte mit den resultierenden Marktrollen und zu unterstützenden Marktkommunikations- und Informationsverarbeitungsprozesse; Grundlagen zur Primärdatenaufbereitung, Zeitreihenanalyse- und -prognose sowie zur Modellierung und Optimierung energiewirtschaftlicher Problemstellungen; Aufbau und Funktion von Energiemanagement- und Energiedatenmanagementsystemen.

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

Präsenz- oder Online-Veranstaltung möglich

- Präsenzveranstaltung: Präsentation mit Beamer, Tafelbilder, Aushändigung der entsprechenden Skripte
- Online-Veranstaltung: Präsentation per Web-Konferenz

## Literatur

- Bazaraa, Serali, Shetty: "Nonlinear Programming: Theory and Algorithms", 3. Auflage, John Wiley & Sons, Inc., 2014,
- Bomze, I. M., Grossmann, W.: "Optimierung - Theorie und Algorithmen - Eine Einführung in Operation Research für Wirtschaftsinformatiker", Wissenschaftsverlag Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich 1993, ISBN 3-411-15091-2
- Bonnans, J.-F., Gilbert, J.C., Lemarechal, C., Sagastizábal, C.A.: "Numerical Optimization", Springer, ISBN 978-3-540-35447-5
- K.H. Borgwardt, "Optimierung, Operation Research, Spieltheorie: Mathematische Grundlagen", Birkenhäuser, 2001
- S. I. N. Bronstein, K.A. Semendjajew, G. Grosche, V. Ziegler, D. Ziegler: "Teubner-Taschenbuch der Mathematik", Teuber Stuttgart, Leipzig 1996
- M. Kaltschmidt, W. Streicher, A. Wiese: "Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 4. Auflage, Springer-Verlag Heidelberg, 1993, 1997, 2003, 2006, ISBN-10 3-540-28204-1
- Siegfried Heiler, Paul Michels: "Deskriptive und Explorative Datenanalyse", R. Oldenbourg Verlag GmbH, 1994, ISBN 978-3-486-22786-4
- J. Karl: "Dezentrale Energiesysteme - Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt", De Gruyter Oldenbourg, 2012, 2. Auflage, ISBN 978-3486577228
- Lothar Sachs: "Angewandte Statistik - Anwendung statistischer Methoden", 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1999, ISBN 978-3-662-05750-6
- Benjamin Schleinzler: "Flexible und hierarchische Multiagentensysteme", VDM Verlag, 2008, ISBN 9783639025736
- R. Schlittgen, B. Streitberg: "Zeitreihenanalyse", R. Oldenbourg Verlag GmbH, 9. Auflage, München, 2001, ISBN: 978-3486257250
- Rainer Schlittgen: "Multivariate Statistik", Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2009, ISBN 978-3486585957
- Alireza Soroudi: "Power System Optimization Modeling in GAMS", Springer 2017, ISBN 978-3-319-62349-8
- Winfried Stier: "Methoden der Zeitreihenanalyse", Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2001, ISBN 3-540-41700-1
- Wernstedt, Jürgen: "Experimentelle Prozessanalyse"; Verlag Technik, Berlin 1989
- Zell: "Simulation neuronaler Netze", 4. unveränderter Nachdruck, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH München, 2003, ISBN 3-486-24350-0

## Detailangaben zum Abschluss

## 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 2014 Vertiefung EET  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Regenerative Energietechnik 2016  
Master Regenerative Energietechnik 2022  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Energieeinsatzoptimierung multimodaler Energieversorgungssysteme

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

Modulnummer: 200572      Prüfungsnummer: 2100914

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Peter Bretschneider

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik      Fachgebiet: 2167

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 Kenntnisse in:

- Sektorengekoppelte (cross-sektorale) Energiesysteme
- Entscheidungshilfesysteme (Assistenzsysteme) für die optimale Prozessführung
  - Aufgaben von Entscheidungshilfesystemen
  - Entscheidungskonzepte
  - Entwurfsgrundlagen
  - Wissenstypen und Wissensermittlung
  - Einordnung von Experten-, Beratungs- und Entscheidungshilfesystem
  - Planungsebenen in der Energiewirtschaft
- Entscheidungstheorie
  - Grundmodelle
  - Entscheidungssituationen (Sicherheit, Risiko, Unsicherheit und Spielsituation)
- Automatische Klassifikation
  - Merkmale, Objekte und Klassen
  - Klassifikatortypen: Deterministische Klassifikatoren, Fuzzy-Klassifikatoren, Neuronale Netz-Klassifikatoren, Bayes Klassifikatoren, Abstandsklassifikatoren
- Klassifikatorentwurf
- Fuzzy Systeme
  - Grundlagen der Fuzzy-Theorie
  - Konzepte von Zugehörigkeitsfunktionen
  - Fuzzifizierung, Fuzzy-Regel-Verarbeitung und Defuzzifizierung
  - Modellbildung mit Fuzzy-Systemen
- Neuronale Netze
  - Grundlagen künstlicher neuronaler Netze
  - Lernverfahren Back Propagation Verfahren
  - Modellbildung mit Neuronalen Netzen (Statik, Dynamik)
- Methoden zur Energiezeitreihenprognose
  - Prozess-, System- und Signalmodell
  - Vorgehensweise der experimentellen Modellbildung
  - Grundansatz für die Modellbildung
  - Ausgewählte Ansätze zur Zeitreihenprognose

- Methoden zur Energieeinsatzoptimierung:
  - Optimierungsverfahren und Anwendungsgebiete
  - Identifikation der Problemstellung, Festlegung des Bilanzraumes und Modellierung der energiewirtschaftlichen Problemstellung
  - Szenarien- und Variantenrechnung
- Multiagentensysteme für die dezentrale, verteilte optimale Entscheidungsfindung
  - Grundlagen, Begrifflichkeiten
  - Anwendungsgebiete
  - Ziele und Interaktion von Agenten
  - Lernverfahren

#### Erwerb von Kompetenzen

- Nach der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die Sektorenkopplung und somit cross-sektorale Energiesysteme zu erklären sowie die Vor- und Nachteile und die damit verbundenen Herausforderungen abzuleiten.
  - Die Studierenden sind nach der Vorlesung befähigt, zwischen den markt- und netzseitigen Aufgaben und Anforderungen für die optimale Betriebsführung cross-sektoraler Energiesysteme zu unterscheiden.
  - Die Studierenden sind nach dem Besuch der Vorlesung in der Lage, die Einsatzmöglichkeiten von Entscheidungshilfesystemen (Assistenzsysteme) für die Problemstellungen der Energieeinsatzoptimierung zu erläutern.
  - Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls mit verschiedenen Ansätzen und Methoden der Entscheidungstheorie, der automatischen Klassifikation, der Fuzzy-Systeme und der künstlichen Neuronalen Netze vertraut.
    - Ferner sind die Studierenden am Ende der Veranstaltung befähigt, energiewirtschaftliche Problemstellungen mit den Methoden der Energieeinsatzoptimierung oder der Multi-Agenten-Systeme zu lösen.
  - Nach dem Besuch eines rechnergestützten Seminars können die Studierenden die Eigenschaften relevanter Optimierungsmodelle beurteilen.
  - Die Studierenden beurteilen die Methoden zur Energieeinsatzoptimierung und sind fähig, Optimierungsmodelle zu erstellen und korrekt zu lösen.
  - Nach Abschluss des Modules können die Studierenden in Beziehungen zu ihren Mitmenschen der Situation angemessen zu handeln.

#### Vorkenntnisse

Wünschenswerte Vorkenntnisse:

- Grundlagen elektrischer Energieversorgungssysteme
- Grundlagen der Prozess- und Datenanalyse
- Physikalische Grundlagen im Bereich thermischer Prozesse
- Mathematische Grundlagen im Bereich der Optimierung

#### Inhalt

Energieeinsatzoptimierung für multimodale Energiesysteme: Versorgungsmedien- und sektorenübergreifende Energiesysteme, Zeitreihenanalyse- und -prognose: Mathematische Methoden zur Analyse und Identifikation von linearen und nichtlinearen Energiezeitreihen (Bedarf, und Erzeugung), Erstellung geeigneter Prognosemodelle und Methoden zur Bewertung der Prognosegüte; Verfahren zur Energieeinsatzoptimierung: Linear, gemischt ganzzahlig und nichtlinear; Vorgehensweise zur Modellierung und Erstellung von mathematischen Optimierungsaufgaben; Übungen zur Energieprognose und zur Energieeinsatzoptimierung

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

Präsenz- oder Online-Veranstaltung möglich

- Präsenzveranstaltung: Präsentation mit Beamer, Tafelbilder, Aushändigung der entsprechenden Skripte
- Online-Veranstaltung: Präsentation per Web-Konferenz

#### Literatur

- Bazaraa, Sherali, Shetty: "Nonlinear Programming: Theory and Algorithms", 3. Auflage, John Wiley & Sons,

Inc., 2014,

- Bomze, I. M., Grossmann, W.: "Optimierung - Theorie und Algorithmen - Eine Einführung in Operation Research für Wirtschaftsinformatiker", Wissenschaftsverlag Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich 1993, ISBN 3-411-15091-2
- Bonnans, J.-F., Gilbert, J.C., Lemarechal, C., Sagastizábal, C.A.: "Numerical Optimization", Springer, ISBN 978-3-540-35447-5
- K.H. Borgwardt, "Optimierung, Operation Research, Spieltheorie: Mathematische Grundlagen", Birkenhäuser, 2001
- S. I. N. Bronstein, K.A. Semendjajew, G. Grosche, V. Ziegler, D. Ziegler: "Teubner-Taschenbuch der Mathematik", Teuber Stuttgart, Leipzig 1996
- M. Kaltschmidt, W. Streicher, A. Wiese: "Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 4. Auflage, Springer-Verlag Heidelberg, 1993, 1997, 2003, 2006, ISBN-10 3-540-28204-1
- Siegfried Heiler, Paul Michels: "Deskriptive und Explorative Datenanalyse", R. Oldenbourg Verlag GmbH, 1994, ISBN 978-3-486-22786-4
- J. Karl: "Dezentrale Energiesysteme - Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt", De Gruyter Oldenbourg, 2012, 2. Auflage, ISBN 978-3486577228
- Koch, M., Kuhn Th., Wernstedt, J.: "Fuzzy Control"; Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München 19896
- Lothar Sachs: "Angewandte Statistik - Anwendung statistischer Methoden", 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1999, ISBN 978-3-662-05750-6
- Benjamin Schleinker: "Flexible und hierarchische Multiagentensysteme", VDM Verlag, 2008, ISBN 9783639025736
- R. Schlittgen, B. Streitberg: "Zeitreihenanalyse", R. Oldenbourg Verlag GmbH, 9. Auflage, München, 2001, ISBN: 978-3486257250
- Rainer Schlittgen: "Multivariate Statistik", Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2009, ISBN 978-3486585957
- Alireza Soroudi: "Power System Optimazation Modeling in GAMS", Springer 2017, ISBN 978-3-319-62349-8
- Winfried Stier: "Methoden der Zeitreihenanalyse", Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2001, ISBN 3-540-41700-1
- Wernstedt, Jürgen: "Experimentelle Prozessanalyse"; Verlag Technik, Berlin 1989
- Zell: "Simulation neuronaler Netze", 4. unveränderter Nachdruck, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH München, 2003, ISBN 3-486-24350-0

Detailangaben zum Abschluss

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 2014 Vertiefung EET  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Regenerative Energietechnik 2016  
Master Regenerative Energietechnik 2022  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: **Funksysteme**

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

Modulnummer: 200508      Prüfungsnummer: 2100842

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Matthias Hein

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik      Fachgebiet: 2113

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			
	3	1	0																																	

**Lernergebnisse / Kompetenzen**

Die Studierenden können nach den Vorlesungen und Übungen die für verschiedene Frequenzbereiche relevanten Ausbreitungsbedingungen drahtloser Übertragungssysteme klassifizieren und vergleichen. Sie sind in der Lage deren Auswirkungen auf die systembezogene Konzeption von Funksystemen und Übertragungsverfahren zu bewerten. Die Studierenden erkennen darüber hinaus fachübergreifende Zusammenhänge funktechnischer Systeme mit Antennen, Schaltungen und Bausteinen der HF- und Mikrowellentechnik, sowie der Nachrichtentechnik und vermögen diese anwendungsspezifisch zu bewerten.

- **Fachkompetenzen:** Die Studierenden kennen nach Vorlesung Natur- und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen und können Entwicklungstendenzen frühzeitig einbinden. Sie sind mit neuesten Techniken und Methoden vertraut und können, das angewandten Grundlagenwissens der Informationsverarbeitung gezielt einbinden.
- **Methodenkompetenz:** Die Studierenden können sich Fachwissens gezielt erschließen und nutzen und sind in der Lage ihre Arbeitsergebnisse zu dokumentieren. Sie können nach dem Praktikum ihr Fachwissen zur Modellbildung, Planung, Simulation und Bewertung komplexer Systeme nutzen, können es anwenden.
- **Systemkompetenzen:** Die Studierenden haben Überblickwissen über angrenzende Fachgebiete, die für die Gestaltung von Systemen wichtig sind. Sie besitzen zudem fachübergreifendes, systemorientiertes Denken.
- **Sozialkompetenzen:** Die Studierenden sind zur aktiven Kommunikation und zu Teamwork befähigt. Sie sind in der Lage, ihre Ergebnisse zu präsentieren, können gesellschaftliche Bedürfnisse erkennen, analysieren und präsentieren und somit, Präsentation, Schnittstellen technischer Problemstellungen zur Gesellschaft herstellen.

**Vorkenntnisse**

Allgemeine Elektrotechnik, Grundlagen der Schaltungstechnik und der Hochfrequenztechnik, elektromagnetische Wellen

**Inhalt**

- Teil I - Wellenausbreitung
- I1. Einführung: Inhalt, Motivation, Frequenzbereichszuordnung, Grundlagen
  - I2. Freiraumausbreitung und Bodenwellen: Ausbreitung in unbegrenzten verlustlosen und homogen verlustbehafteten Medien, Ausbreitung an der Grenzfläche zweier Medien (Erde-Luft)
  - I3. Wellenausbreitung in der Atmosphäre: Schichtstruktur der Ionosphäre, Wellenausbreitung, Echolotung, troposphärische Brechung, Streuung und Absorption
  - I4. Ausbreitung ultrakurzer Wellen: Kirchhoff'sche Beugung, Hindernisse, Reflexion, Mehrwegeausbreitung
- Teil II - Systeme der Funktechnik
- II1. Grundkonzeption von Funkempfängern: Geradeempfänger, Heterodynempfänger, Zero-IF-Konzept, Empfänger Kennwerte
  - II2. Mischerschaltungen: Eintakt-, Gegentakt- und Ringmischer, Gilbertzelle
  - II3. Technische Antennenausführung: Stabantennen, Kompaktantennen; Symmetrierglieder mit Ferriten und

## Leitungen

II.4. Grundlagen der Satellitenfunktechnik: Technik von geostationären und LEO-Satelliten

II.5. Informationsübertragung mit Richtfunk: Systemkonzept, Beispiel

II.6. Grundlagen der Radioastronomie: Natürliche Strahlungsquellen, Beobachtungsmöglichkeiten

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

Tafelbild, interaktive Entwicklung der Stoffinhalte

Illustrationen zur Vorlesung (in elektronischer Form verfügbar)

Hinweise zur persönlichen Vertiefung

Identifikation vorlesungsübergreifender Zusammenhänge

Vorlesungsbegleitende Aufgabensammlung zur selbständigen Nacharbeitung (in elektronischer Form verfügbar)

## Literatur

K.D. Becker, "Ausbreitung elektromagnetischer Wellen", Springer, 1974.

P. Beckmann, "Die Ausbreitung der ultrakurzen Wellen", Akad. Verlagsgesellschaft Geest und Pontig, Leipzig 1963.

V.L. Ginsburg, "The propagation of electromagnetic waves in plasmas", Pergamon Press, 1970.

J. Großkopf, "Wellenausbreitung", BI Hochschultaschenbücher, Bd. 141/141a, Mannheim 1970.

G. Klawitter: "Langwellen- und Längstwellenfunk", Siebel-Verlag Meckenheim 1991.

T.S.M. Maclean and Z. Wu, "Radiowave propagation over ground", Chapman and Hall, 1993.

N. Geng und W. Wiesbeck, "Planungsmethoden für die Mobilkommunikation: Funknetzplanung unter realen physikalischen Ausbreitungsbedingungen", Springer 1998.

Meinke/Gundlach, "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Band 1: Grundlagen, Kapitel B, H; Springer Verlag, 1992.

Zinke, Brunswig: Hochfrequenztechnik 1 und 2, Springer-Verlag 1992

## Detailangaben zum Abschluss

## Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=362>

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Fahrzeugtechnik 2014

Master Fahrzeugtechnik 2022

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

## Modul: Grundlagen analoger Schaltungstechnik

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

Modulnummer: 200584 Prüfungsnummer: 2100926

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Ralf Sommer

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 94 SWS: 5.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2144

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	3	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundschaltungen von der diskreten bis zur integrierten Schaltungstechnik sowie die dazugehörigen Beschreibungsmittel. Die Studierenden verstehen die schaltungstechnischen Grundprinzipien, Netzwerk- und Schaltungsanalyse mit gesteuerten Quellen, Verhalten und Modellierung der wichtigsten Grundbauelemente sowie mathematische Methoden, insbesondere der Dynamik im Sinne von linearen Differentialgleichungen, Filter- und Übertragungsverhalten sowie Stabilität. Die Studierenden kennen die wichtigsten Kompositionsprinzipien der Schaltungstechnik. Sie sind in der Lage, die Funktion zusammengesetzter Transistorschaltungen zu erkennen, zu analysieren, zu verstehen und anhand von Schaltungssimulationen zu bewerten. Die Studierenden sind in der Lage, wechsel- und gleichstromgekoppelte Schaltungen einschließlich Filtern topologisch zu synthetisieren und für relevante Anwendungsfälle zu dimensionieren.

### Vorkenntnisse

Allgemeine Elektrotechnik, Elektronik (wünschenswert, aber nicht zwingend notwendig)

### Inhalt

Verfahren und mathematische Grundlagen der Netzwerktheorie zur Berechnung elektrischer Schaltungen (Zeit-, Frequenzbereich, Stabilität, Netzwerkelemente einschließlich Nullstellen, Superknoten- und Supermaschenanalyse, insbesondere mit gesteuerten Quellen, Analysemethoden für regelungstechnische Systeme), ideale Operationsverstärker & Schaltungen mit Operationsverstärkern, Frequenzgänge (P/N- und Bode-Diagramm), Filter, Transistorgrundschaltungen (Kennlinien, DC-Modelle, Einstellung des Arbeitspunktes, Bipolar, MOS, Kleinsignal-Ersatzschaltungen für Transistoren), mehrstufige Verstärker (Kettenschaltung von Verstärkerstufen) sowie mehrstufig gegengekoppelte Schaltungen und Systeme, rechnergestützte Analyse mit PSpice und symbolischer Analyse (Analog Insydes/Mathematica), ausgewählte industrielle Schaltungen und deren Problemstellungen (Stabilität, Kompensation)

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

Vorlesung mit Tafelbild bzw. OneNote, ergänzt durch PowerPoint-Präsentation, Skript, Übungsaufgaben und Klausursammlung. Alle Vorlesungen und Großübungen werden aufgezeichnet und wenn möglich oder erforderlich live gestreamt. Besonderheiten der Didaktik: Das Fach benötigt sehr viel Übung. Um diesem Bedarf Rechnung zu tragen, wird der bewährte Mix aus Hörsaalübung, Seminar und betreutem Rechnen beibehalten, so dass die Aufteilung 2-3-0 ungewöhnlich erscheinen mag, aber didaktisch sehr sinnvoll ist und dem tatsächlichen Aufwand mit 5LP entspricht.

### Literatur

Zum Lernen / vorlesungsunterstützend:  
 Horst Wupper: Elektronische Schaltungen 1 und 2  
 Köstner, Möschwitzer: Elektronische Schaltungstechnik  
 Hartl, Winkler, Pribyl und Kra: Elektronische Schaltungstechnik (Pearson Studium)  
 Stan Burns, Paul Bond: Principles of Electronic Circuits  
 Zum grundlegenden Verständnis / für Praktiker:  
 Paul Horowitz: Die hohe Schule der Elektronik 1 - 3  
 Simulation mit PSpice:  
 Robert Heinemann: PSPICE: Einführung in die Elektroniksimulation  
 Johann Siegl: Schaltungstechnik - analog und gemischt analog/digital

Weiterführende Literatur:

Manfred Seifart: Analoge Schaltungen  
Ulrich Tietze, Christoph Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik  
Gray & Meyer: Analysis and Design of Analog Integrated Circuits  
Razavi: Design of Analog CMOS integrated Circuits  
Sansen: Analog Design Essentials  
Chen: VLSI Handbook, IEEE Press  
Chen: Circuits and Filter Handbook, IEEE Press  
Horst Wupper: Elektronische Schaltungen 1 und 2  
Köstner, Möschwitzer: Elektronische Schaltungstechnik  
Hartl, Winkler, Pribyl und Kra: Elektronische Schaltungstechnik (Pearson Studium)  
Stan Burns, Paul Bond: Principles of Electronic Circuits  
Zum grundlegenden Verständnis / für Praktiker:  
Paul Horowitz: Die hohe Schule der Elektronik 1 - 3  
Simulation mit PSpice:  
Robert Heinemann: PSPICE: Einführung in die Elektroniksimulation  
Johann Siegl: Schaltungstechnik - analog und gemischt analog/digital

Weiterführende Literatur:

Manfred Seifart: Analoge Schaltungen  
Ulrich Tietze, Christoph Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik  
Gray & Meyer: Analysis and Design of Analog Integrated Circuits  
Razavi: Design of Analog CMOS integrated Circuits  
Sansen: Analog Design Essentials  
Chen: VLSI Handbook, IEEE Press  
Chen: Circuits and Filter Handbook, IEEE Press

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

Zugang zum Online-Kurs (Moodle)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021  
Bachelor Biomedizinische Technik 2021  
Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
Bachelor Maschinenbau 2021  
Bachelor Mathematik 2021  
Bachelor Mechatronik 2021  
Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023  
Bachelor Medientechnologie 2021  
Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Informationstheorie und Codierung

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

Modulnummer: 200493 Prüfungsnummer: 2100823

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jochen Seitz

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2115

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			
							3	1	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen nach der Vorlesung und den dazu gehörigen Übungen die informationstheoretische Beschreibung und Kenngrößen der Quellenmodelle, des Übertragungskanal, von Leitungscodierungen. Sie verstehen Optimalcodierungen, fehlerkorrigierende Codierungsverfahren, Grundlagen der Chiffrierung und Anwendungen der Codierungstheorie in orthogonalen Multiplexverfahren. Die Studierenden sind in der Lage, Codes hinsichtlich Redundanz, Störsicherheit und Chiffrierung zu bewerten und zu synthetisieren. Sie können die Effizienz der Redundanzreduktion für bekannte Standardverfahren in modernen Informationsübertragungssystemen (leitungsgelbunden und drahtlos) analysieren und grundlegende Verfahren der Optimalcodierung in Anwendungen synthetisieren. Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, neue Verfahren der Codierungstechnik zu verstehen, zu bewerten und zu synthetisieren.

### Vorkenntnisse

Mathematik-Pflichtfächer in den Semestern 1-4, Wahrscheinlichkeitsrechnung, ausgewählte Methoden der Algebra

### Inhalt

- Nachrichtenübertragungsmodell, Signalquellen, informationstheoretische Beschreibung, Entropie.
- Quellencodierung, Redundanzminderung nach Fano und Huffman, Codierung von Markoff-Prozessen.
- Redundanzminderung durch Transformation, Selektion und Quantisierung (Golomb, Rice, Arithmetische Codierung)
- Übertragungskanal, informationstheoretische Beschreibung, Signal/Rausch-Verhältnis und Fehlerwahrscheinlichkeit
- Informationstheoretische Modellierung des Übertragungskanal, Informationsfluss und Kanalkapazität
- Leitungscodierungen mit Beispielen
- Fehlerkorrigierende Codierung (Kanalcodierung), Grundlagen, Fehlererkennung, Fehlerkorrektur, Restfehlerrate
- Hamming-Codes, Linearcodes, zyklische Codes, Technische Realisierung
- Burstfehlerkorrektur. Faltungscodierung und Viterbi- Algorithmus
- Galoisfeld, BCH-Codes, RS-Codes, Turbo-Codes.
- Chiffrierung, symmetrische u. asymmetrische Verfahren
- Orthogonalcodes (CDMA).

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

Folienpräsentation über Beamer, Übungsaufgaben, Tafelanschrieb, Literaturverweise

### Literatur

- Rohling, H.: Einführung in die Informations- und Codierungstheorie, Teubner-Verlag, 1995, ISBN 3-519-06174-0.
- Bossert, M.: Kanalcodierung, Oldenbourg Verlag München, 2013, ISBN 978-3-486-72128-7.
- Kubas, Chr.: Informations- und Kodierungstheorie, 4. Lehrbuch, Dresden, 1992, ISBN 02-1590-04-0.
- Schönfeld, D.; Klimant, H.; Piotraschke, R.: Informations- und Codierungstheorie, 4. Auflage, Springer/Vieweg, 2012, ISBN 978-3-8348-8218-9.
- Strutz, T.: Bilddatenkompression, Vieweg-Verlag, 2005, ISBN 3-528-13922-6.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Medientechnologie 2013

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Lösung inverser Feldaufgaben

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

Modulnummer: 200655 Prüfungsnummer: 2101031

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

Nach der Vorlesung, die von Übungen begleitet wird, haben die Studierenden folgende Fähigkeiten.

**Fachkompetenz:** Die Studierenden haben Kenntnisse zum Vorliegen und zur Klassifikation inverser Aufgabenstellungen in der Elektrotechnik.

**Methodenkompetenz:**

Die Studierenden können sich selbstständig systematisch komplexe Sachverhalte erschließen und das erworbene Fachwissen bzw. die erlernten Methoden auf den konkreten Gegenstand anwenden. Sie besitzen die Fähigkeit zur Entwicklung von Algorithmen / Methoden zur Behandlung inverser Aufgabenstellungen in relevanten Einsatzfeldern wie Biomedizin oder zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

**Systemkompetenz:**

Durch die Bearbeitung sind Abstraktionsvermögen sowie fachübergreifendes system- und feldorientiertes Arbeiten geschult.

### Vorkenntnisse

Theoretische Elektrotechnik (Theorie elektromagnetischer Felder)

### Inhalt

Feldmodellierung für die Lösung inverser Feldaufgaben, deterministische und stochastische Optimierungsverfahren, Regularisierungsverfahren, Lokalisierung/Rekonstruktion von Feldquellen, elektromagnetisches CAD, Anwendung in der zerstörungsfreien Materialprüfung (NDE), Biomedizin etc.

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

Vorlesungsskript zur Lehrveranstaltung, Powerpoint

### Literatur

1. Bäck, T., H.-P. Schwefel (1996): Evolutionary algorithms in theory and practice: evolution strategies, evolutionary programming, genetic algorithms. Oxford University Press, New York
2. Neittaanmäki, P.; M. Rudnicki; A. Savini (1996): Inverse problems and optimal design in electricity and magnetism. Clarendon Press, Oxford
3. Rahmat-Samii, Y.; E. Michielssen (1999): Electromagnetic Optimization by Genetic Algorithms. Wiley, New York
4. Rudnicki, M., S. Wiak (2003): Optimization and Inverse Problems in Electromagnetism. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

### 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 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Mustererkennung / Maschinelles Lernen

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200526 Prüfungsnummer: 2100865

Modulverantwortlich: Dr. Sylvia Bräunig

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2116

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 kennen nach den Vorlesungen und Übungen die wesentlichen Grundlagen, Theorien und Methoden der Signalanalyse, Mustererkennung und des Maschinellen Lernens sowohl für determinierte als auch für stochastische Signale und Prozesse. Sie sind mit, bei der praktischen Umsetzung auftretenden Fragen und Problemen, der Merkmalsextraktion, der Clusterbildung, der Klassifikation und der Optimierung des Klassifikationssystems vertraut und in der Lage, die vermittelten Methoden und Erkenntnisse auf praxisrelevante Aufgabenstellungen anzuwenden.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

- Prinzipien, Begriffe und Beispiele der Signalanalyse, der Mustererkennung und des Maschinellen Lernens - Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie (Wiederholung)
- Grundlagen und Methoden zu Kennfunktionen, Kennwerten (Merkmalen) und Kennwertextraktion

- Bestimmung von Kennfunktionen und Kennwerten mittels Orthogonaltransformationen,
- Zeit-Frequenz-Repräsentationen,
- wahrscheinlichkeitstheoretischer Ansätze u.a..
- Methoden des Maschinellen Lernens zur Klassifikation und Trendanalyse/Prozessüberwachung (unüberwachte und überwachte Verfahren):

- Grundbegriffe, statistische Klassifikatoren (Bayes), geometrische Klassifikatoren (NNK, MSK), Diskriminanzanalyse, Support Vector Machine
- Neuronale Netze (Grundlagen, Historisches, Kohonen-Feature-Map, Backpropagation-Netz, Convolutional Neural Network u.a.)
- Fuzzy-Theorie (Grundbegriffe, Fuzzy-Mengen, Relationen, Approximatives Schließen, Anwendungen in der Mustererkennung)
- Klassifikatorbewertung und Optimierung von Mustererkennungssystemen (Merkmalsreduktion und -transformation, Dimensionsreduktion, z.B. PCA)
- Anwendungsbeispiele aus den Bereichen aktueller Forschungsthemen, z.B. akustische Daten- und Prozessanalyse, Sprachverarbeitung, Bildverarbeitung, Werkstoffprüfung werden herangezogen

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

Handschriftliche Entwicklung der analytischen Zusammenhänge untersetzt mit Abbildung und Animationen und Einsatz interaktiver Mathematica-Dokumente für Simulationen

### Literatur

Bräunig, S.: Arbeitsblätter, multimediale Präsentation, Mathematica-Notebooks  
 Hoffmann, R.: Signalanalyse und -erkennung, Springer  
 Duda, R.; u.a. : Pattern Classification, Wiley  
 Theodoridis, S.; u.a.: Pattern Recognition, Elsevier  
 Niemann, H.: Klassifikation von Mustern, Springer

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021

Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Nichtlineare Elektrotechnik

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

Modulnummer: 200666 Prüfungsnummer: 2101045

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Albrecht Gensior

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 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			
				2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nachdem die Studierenden die Veranstaltung besucht haben, können sie Bauelemente der Elektrotechnik durch nichtlineare Modelle beschreiben.  
 Sie können grundsätzliche Kenntnisse der Approximation und Interpolation von Kennlinien auf gegebene Messwerttabellen anwenden.  
 Die Studierenden sind nach Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, nichtlineare Gleich- und Wechselstrom-Netzwerke - gegebenenfalls unter Einbeziehung iterativer Methoden - zu berechnen.  
 Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls nichtlineare Differentialgleichungssysteme zur Beschreibung des dynamischen Verhaltens elektrischer Netzwerke klassifizieren und die dafür notwendigen speziellen Lösungsverfahren vorschlagen.  
 Nach dem Besuch der Vorlesung können die Studierenden die erworbenen Kenntnisse über die Stabilität nichtlinearer elektrischer Netzwerke zusammenfassen und Bifurkationsphänomene berechnen.  
 Nach Beendigung der Veranstaltung können die Studierenden die eigenen Leistungen und die ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und bewerten.  
 Sie sind in der Lage, fachübergreifend nichtlineare Phänomene aus Technik und Gesellschaft zu interpretieren und deren grundsätzliche Lösbarkeit unter Berücksichtigung der Fehlertoleranzen einzuschätzen.

### Vorkenntnisse

Mathematik, Grundlagen der Elektrotechnik, Lineare Netzwerktheorie

### Inhalt

- Einführung (nichtlin. Probleme aus Wissenschaft und Technik Grundbegriffe, Grundelemente)
- Beschreibung nichtlinearer Netzwerkelemente (nichtlin. Widerstand, nichtlin. Induktivität, nichtlin. Kapazität, mech. Analogon - Raketengleichung, Modellierung nichtlinearer Zweipol- und gesteuerter Mehrpolelemente)
  - Energie/Koenergie, Leistungsbetrachtungen
  - Approximation und Interpolation nichtlinearer Bauelemente-Kennlinien ( Rektifikation, kleinste Fehlerquadrate, lineare und nichtlineare Interpolation)
    - Nichtlinearere elektrische Netzwerke ( einfache resistive Netzwerke, Lösung mit Fix-punktiteration bzw. Newton-Raphson-Algorithmus)
    - Nichtlineare Elemente bei sinusförmiger Aussteuerung (Stromflusswinkel- Dreordinaten- bzw. Fünfordinatenverfahren, Berechnung des stationären Betriebes von Gleichrichterschaltungen, zeitvarianter Fourierreihenansatz zur frequenzselektiven Analyse von transienten Betriebszuständen)
      - Nichtlineare dynamische Netzwerke (Gleichgewichtszustände und Bestimmung der Kleinsignalstabilität (Taylorreihenentwicklung der nichtlin. ZDGL), Methode der Phasenebene, Großsignalstabilität, Parametervariation nach Van der Pol, Methode der Amplitudenebene, Oszillatoren mit Bezug auf das Elektroenergiesystem usw., Bifurkationsphänomene, Chaos)

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

Tafelbild, Präsentation

### Literatur

- [1] Philippow, E.: Nichtlineare Elektrotechnik, Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig, 1971
- [2] Chua, L. O.; Desoer, Ch.; Kuh, E.: Linear and Nonlinear Circuits, Mc Graw Hill, 1987
- [3] Hasler, M.; Neiryck, J.: Nonlinear Circuits, Artech House Inc., 1986

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=2624>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Technische Physik 2023

## 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 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

**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 vertieftes 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: Numerische Simulation in der Elektroprozessstechnik

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

Modulnummer: 200562 Prüfungsnummer: 2100904

Modulverantwortlich: Dr. Ulrich Lüdtke

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2166

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 kennen und verstehen nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen die numerische Berechnung von Feldproblemen am Beispiel der Finiten Element Methode und der Methode der Finiten Volumen. Sie kennen die Differentialgleichungen und Randbedingungen, die zur Berechnung von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern, verkoppelt mit Temperaturfeldern und Strömungsfeldern, notwendig sind. Sie verstehen die Besonderheiten numerischer Lösungsverfahren am Beispiel der Finiten Element Methode, der Boundary Element Methode und der Methode der Finiten Volumen. Die Studierenden sind in der Lage, mit dem kommerziellen Programm ANSYS-WORKBENCH Problemstellungen zu den genannten Feldkonstellationen zu erfassen, zu berechnen und auszuwerten.

### Vorkenntnisse

Mathematik 1-3, Physik 1-2, Allgemeine Elektrotechnik 1-3, Theoretische Elektrotechnik 1

### Inhalt

- Übersicht
  - Formulierung von Randwertaufgaben
- Elektrostatik und Gleichstromfeld
- Stationäre und transiente Wärmeleitung
- Elektromagnetische Felder
- Strömungsfelder
  - Numerische Näherungsverfahren
- Finite Element Methode
- Boundary Element Methode
- Methode der Finiten Volumen
  - Diskretisierungstechniken
- Gitternetze
- Knoten- und kantenorientierte Elemente
- Form- bzw. Ansatzfunktionen
  
- Fehlerbetrachtung

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

Der Tafelvortrag wird durch Powerpoint-Präsentationen und Videoanimationen ergänzt. Die Präsentationen und die Übungsaufgaben sind als pdf-Dokumente aus dem Intranet abrufbar.

### Literatur

[1] K. Küpfmüller: Theoretische Elektrotechnik - eine Einführung, 17. bearb. Aufl. - Berlin, Springer-Verlag, ISBN 978-3-540-26615-0, 2005.  
 [2] I. Babuska, T. Strouboulis: The Finite Element Method and its Reliability, Clarendon Press, Oxford, ISBN 0 19 850276 1, 2001.  
 [3] A. Kost: Numerische Methoden in der Berechnung elektromagnetischer Felder, Springer-Verlag, ISBN 3-540-55005-4, 1994.

Detailangaben zum Abschluss

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 2014 Vertiefung EET

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Rechnergestützte Schaltungssimulation und deren Algorithmen (EDA)

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

Modulnummer: 200587 Prüfungsnummer: 2100929

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Ralf Sommer

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2144

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	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden sind nach der Vorlesung und dazu gehörigen Übungen in der Lage, die Hintergründe und Algorithmen der rechnergestützten Schaltungssimulation zu verstehen. Sie haben einen Überblick über die verschiedenen Simulations- und Analyseverfahren für Analog/Mixed-Signal-Schaltungen und kennen die Bedeutung und Wirkung der Simulationssteuerungsvariablen von Schaltungssimulatoren. Die Studierenden können Methoden zur numerischen und symbolischen Analyse, zur Dimensionierung und zur Optimierung anwenden.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Schaltungstechnik, Analoge Schaltungen

### Inhalt

Einführung in die Schaltungssimulation, Netzwerktheorie als Grundlage für die automatisierte Aufstellung von Schaltungsgleichungen, Lösung linearer Gleichungssysteme (LU-Zerlegung, Pivottisierung, Makrowitz-Rordering, Sparse-Matrix-Techniken), Lösung nichtlinearer Gleichungen, Lösung von Differentialgleichungen, Device-Modelle SPICE, Verhaltensmodellierung - Lösung von Verhaltensmodellen, Symbolische Analyse, Statistische Analyse und Entwurfszentrierung/Ausbeuteoptimierung, Überblick über die statistische Devicemodellierung, Überblick Device-Alterung und Alterungssimulation (Cadence, RelXpert), RF-Simulationsverfahren (Cadence SpectreRF), Anwendungen

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

Vorlesung mit Ableitungen an der Tafel (Schwerpunkt), Powerpoint-Folien (Präsentation)

### Literatur

Leon, O. Chua, Pen-Min Lin: Computer-aided analysis of electronic circuits: algorithms and computational techniques  
 Kishore Singhal, Jiri Vlach: Computer Methods for Circuit Analysis and Design  
 Horneber: Simulation elektrischer Schaltungen auf dem Rechner

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

Zugang zum Online-Kurs (Moodle)

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Ingenieurinformatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

# Modul: Signale und Systeme 1

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

Modulnummer: 200495      Prüfungsnummer: 2100825

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martin Haardt

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik			Fachgebiet: 2111

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 der Veranstaltung sind die Studierenden befähigt, lineare physikalisch/technische Systeme mit Hilfe der Systemtheorie effizient und auf einheitlicher Basis zu beschreiben und deren grundlegenden Eigenschaften zu beurteilen.  
 Durch die Teilnahme an der Vorlesung können sie zeitlich veränderliche Vorgänge in den Frequenzbereich transformieren und "frequenzmäßig denken".  
 Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden die Signalübertragung über lineare Systeme sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich mathematisch beschreiben und analysieren und dabei routiniert mit den wesentlichen Gesetzen der Fouriertransformation umgehen.  
 Sie können nach Abschluss des Modules die Diskrete Fouriertransformation (DFT) als Werkzeug in der Signal- und Systemanalyse anwenden und deren Relevanz als Grundelement der modernen Signalverarbeitung beurteilen.

Vorkenntnisse

Für alle Studiengänge sind Grundlagen der Mathematik Voraussetzung für diese Veranstaltung.

Inhalt

- 0 Überblick und Einleitung
  - + Definition von Signalen und Systemen
  - + Beispiele für Signale und Systeme in diversen Wissenschaftsgebieten
- 1 Signaltheorie (Grundlagen)
  - + Eigenschaften von Signalen (periodisch - aperiodisch, deterministisch - stochastisch, Energiesignale - Leistungssignale)
  - 1.1 Fourier-Reihe
    - + komplexe Fourier-Reihe periodischer Signale
    - + Berechnung der komplexen Fourier-Koeffiziente
    - + Fourier-Reihe der periodischen Rechteckfolge
  - 1.2 Fouriertransformation
    - 1.2.1 Fourierintegrale
      - Beispiel 1.1: Rechteckimpuls
      - Beispiel 1.2:
        - a) linksseitig exponentiell ansteigendes Signal
        - b) rechtsseitig exponentiell abklingendes Signal
    - 1.2.2 Eigenschaften der Fouriertransformation
      - + Linearität
      - Beispiel 1.3: Kombination von einseitig exponentiellen Signalen
        - + Symmetrieeigenschaften (gerade, ungerade, reell, imaginär)
        - + Verschiebungssatz (Zeitverschiebung, Frequenzverschiebung)
      - Beispiel 1.4: modulierter Rechteckimpuls
        - + Zeitdehnung oder -pressung (Ähnlichkeitssatz)
        - + Dualität (Vertauschungssatz)
      - Beispiel 1.5: Spaltimpuls
        - + Zeitdifferentiationssatz
        - + Frequenzdifferentiationssatz

- Beispiel 1.6: Gaußimpuls
- + Faltung im Zeitbereich
- Beispiel 1.7: Dreieck-Zeitfunktion
- + Faltung im Frequenzbereich
- + Konjugiert komplexe Zeit- und Frequenzfunktion
- + Parsevalsche Gleichung
- Beispiel 1.5: Spaltimpuls (Fortsetzung)
- + Inverse Beziehung zwischen Zeit- und Frequenzbeschreibung
- 1.2.3 Fouriertransformation verallgemeinerter Funktionen
- + Ziele:
  - Fourier-Reihe als Spezialfall der Fouriertransformation
  - Fouriertransformation für Leistungssignale
  - Einheitsstoß (Diracscher Deltaimpuls)
  - + Ausblendeigenschaft des Einheitsstoßes
  - + Fouriertransformierte des Einheitsstoßes
  - Beispiel 1.8: Einheitsstoß als Grenzwert des Gaußimpulses
  - Beispiel 1.9: Harmonische Funktionen
  - Beispiel 1.10: Signumfunktion
  - Beispiel 1.11: Einheitssprung
  - + Zeitintegrationssatz
- Beispiel 1.12: Rampenfunktion
- + Frequenzintegrationssatz
- 1.2.4 Fouriertransformation periodischer Signale
- + Berechnung der Fourierkoeffizienten periodifizierter aperiodischer Funktionen aus der Fouriertransformation der aperiodischen Funktion
- Beispiel 1.13: Periodischer Rechteckimpuls
- Beispiel 1.14: Periodische Stoßfolge (ideale Abtastfunktion)
- 1.3 Abtastung im Zeit- und Frequenzbereich
- + Ideale Abtastung im Zeitbereich
- 1.3.1 Rekonstruktion aus Abtastwerten im Zeitbereich
- + Varianten der Rekonstruktion nach der Abtastung
- 1.3.2 Abtasttheorem
- + Abtasttheorem im Zeitbereich
- Beispiele: PCM, CD
- + Abtasttheorem im Frequenzbereich
- Beispiel: Messung von Mobilfunkkanälen (Channel Sounding)
- + Anwendungsbeispiele
- Beispiel 1.15: Pulsamplitudenmodulation (PAM) und Sample-and-Hold-Glied
- 1.4 Diskrete Fouriertransformation
- 1.4.1 Berechnung der DFT
- 1.4.2 Spektralanalyse mit Hilfe der DFT
  - a) periodische Funktionen
  - b) aperiodische Funktionen
- + Abbruchfehler
- + Aliasing
- 1.4.3 Matrixdarstellung der DFT
- + Eigenschaften der DFT
- 1.4.4 Numerische Beispiele
- Beispiel 1.16: DFT des abgetasteten Spaltimpulses
- Beispiel 1.17: DFT eines sinusförmigen Signals
- Beispiel 1.18: DFT der Dreieck-Zeitfunktion
- + Zero-Padding zur Verbesserung der optischen Darstellung der DFT
- 2 Lineare Systeme
- 2.1 Lineare zeitinvariante (LTI) Systeme
- Beispiel 2.1: RC-Glied
- 2.2 Eigenschaften und Beschreibungsgrößen von LTI-Systemen
  - + BIBO (Bounded-Input-Bounded-Output) Stabilität
  - + Kausalität
  - + Phasen- und Gruppenlaufzeit
  - + Testsignale für LTI-Systeme
- 2.3 LTI-Systeme mit idealisierten und elementaren Charakteristiken
- 2.3.1 Tiefpässe
  - + Idealer Tiefpaß
  - + Kurzzeitintegrator (Spalttiefpaß)
  - Beispiel 2.1: RC-Glied (Fortsetzung)
  - + Idealer Integrator

Literatur

- D. Kreß and D. Irmer, Angewandte Systemtheorie. Oldenbourg Verlag, München und Wien, 1990.
- S. Haykin, Communication Systems. John Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- A. Fettweis, Elemente nachrichtentechnischer Systeme. Teubner Verlag, 2. Auflage, Stuttgart/Leipzig, 1996.
- J. R. Ohm and H. D. Lüke, Signalübertragung. Springer Verlag, 8. Auflage, 2002.
- B. Girod and R. Rabenstein, Einführung in die Systemtheorie. Teubner Verlag, 2. Auflage, Wiesbaden, 2003.
- S. Haykin and B. V. Veen, Signals and Systems. John Wiley & Sons, second edition, 2003.
- T. Frey and M. Bossert, Signal- und Systemtheorie. Teubner Verlag Wiesbaden, 1. ed., 2004.
- B. L. Daku, MATLAB tutor CD : learning MATLAB superfast! John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- E. W. Kamen and B. S. Heck, Fundamentals of Signals and Systems Using the Web and MATLAB. Upper Saddle River, New Jersey 07458: Pearson Education, Inc. Pearson Prentice Hall, third ed., 2007.
- A. D. Poularikas, Signals and Systems Primer with MATLAB. CRC Press, 2007.
- U. Kiencke and H. Jäkel, Signale und Systeme. Oldenbourg Verlag München, 4 ed., 2008.
- D. Kreß and B. Kaufhold, "Signale und Systeme verstehen und vertiefen - Denken und Arbeiten im Zeit- und Frequenzbereich," Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010.
- J. H. McClellan, R. W. Schafer, and M. A. Yoder, Signal Processing First. 2nd ed., 2014.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Biomedizinische Technik 2021
- Bachelor Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Bachelor Informatik 2013
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Ingenieurinformatik 2021
- Bachelor Mathematik 2021
- Bachelor Mechatronik 2021
- Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023
- Bachelor Medientechnologie 2021
- Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021
- Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET
- Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Technische Physik 2023

## 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			
	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 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-ilmenau.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: 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	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 Mawellschen 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: Aerodynamik

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

Modulnummer: 200284 Prüfungsnummer: 2300740

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Claus Wagner

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Maschinenbau Fachgebiet: 2349

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

Nach der Vorlesung haben die Studierenden Kenntnisse über die Entstehung und Berechnung der Aerodynamische Kräfte auf Körper, der Existenz von unterschiedlichen Strömungstypen und die Herleitung der Impuls- und Massenerhaltungsgleichungen. Ferner kennen Sie die Definition der Stromlinien, der Zirkulation, der Laplace-Gleichung und wissen wie diese im Rahmen der Potentialtheorie Entwicklung von Potential- und Stromfunktion genutzt werden können. Sie sind zudem vertraut mit der Anwendung der Potentialtheorie zur Berechnung von unterschiedlichen Strömungsproblemen. Sie können die Bernoulli-Gleichungen herleiten und können diese zur Geschwindigkeitsmessung mit dem Pitot-Rohr anwenden. Durch die Mitarbeit in den Übungen sind die Studierenden befähigt, die in der Vorlesung gelehrt theoretischen Gesetzmäßigkeiten zielgerichtet zur Lösung von praxisnahe Aufgabenstellungen einzusetzen. Hierbei sind sie befähigt, die Lösung der Aufgaben in Heimarbeit vorzubereiten und können ihre Ideen und Vorschläge der Gruppe in der Übung vorstellen und hierdurch ihr Selbstvertrauen und ihre Sozialkompetenz stärken. Sie sind dabei in der Lage, Anmerkungen zu beachten und Kritik zu würdigen.

### Vorkenntnisse

Strömungsmechanik 1

### Inhalt

Aerodynamische Kräfte, Strömungstypen, Erhaltungsgleichungen, Stromlinien, Stromfunktion, Zirkulation, Reibungsfreie, inkompressible Strömung, Bernoulli'sche Gleichungen, Pitot-Rohr, Laplace-Gleichung, Potential-Theorie, Strömung um einen Kreiszyylinder, Kutta-Joukowski-Theorem, Quell-Panel Verfahren, Inkompressible Strömung um Profile, Profil-Bezeichnungen, Wirbel-Panel Methode, Kutta-Bedingung, Kelvin'sche Zirkulations-Theorem, Theorie kleiner Störungen für schlanke Profile, Inkompressible Flügelumströmung, Tragflächen-Theorie.

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

Moodle, Onenote auf iPad, WebEx (online) oder Beamer (Präsenz)

### Literatur

John D. Anderson, Jr. (2011), Fundamentals of Aerodynamics, 5<sup>th</sup> edition, published by McGraw-Hill, ISBN 978-0-07-339810-5

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Maschinenbau 2022  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Mechatronik 2022  
Master Regenerative Energietechnik 2022

## Modul: Bildverarbeitung für die Qualitätssicherung

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

Modulnummer: 200240      Prüfungsnummer: 230481

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Gunther Notni

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Maschinenbau      Fachgebiet: 2362

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	0	2																											

Lernergebnisse / Kompetenzen

**Fachkompetenz:**

Der Hörer hat einen umfassenden Überblick zu technischen Verfahren der Bildverarbeitung und deren Einsatz in der Qualitätssicherung. Er kennt sowohl die systemtechnischen Aspekte unterschiedlicher Bildverarbeitungstechnologien als auch die Methoden / Verfahren zur Ermittlung von Qualitätsparametern (insbesondere Geometrie- und Oberflächenparametern). Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe der Bildverarbeitung, können Kamerasysteme für den industriellen Einsatz bewerten und sind fähig die technische und wirtschaftliche Machbarkeit von Lösungen der industriellen Bildverarbeitung zu beurteilen. Sie sind in der Lage Aufgaben der Qualitätssicherung von Werkstücken und Erzeugnissen auf der Grundlage der industriellen Bildverarbeitung zu lösen. Durch zahlreiche Praxisbeispiele, die in Vorlesung und Übungen diskutiert wurden, haben die Studierenden sich grundlegendes Wissen angeeignet.

**Methodenkompetenz:**

Im Ergebnis ist der Hörer in der Lage, Probleme der industriellen Bildverarbeitung zu analysieren und zu klassifizieren sowie wichtige Schritte der Problemlösung abzuleiten. Mit den vermittelten Kompetenzen ist der Hörer befähigt, in konkreten Anwendungen der industriellen Bildverarbeitung entwickelnd tätig zu werden.

**Sozialkompetenz:**

Sie haben gelernt, Aufgaben der industriellen Bildverarbeitung im Team im Rahmen von Praktikumsgruppen (3-4 Studenten) zu lösen, die Leistungen ihrer Mitkommilitonen anzuerkennen und Meinungen anderer zu berücksichtigen.

Vorkenntnisse

Naturwissenschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Fächer des Grundstudiums

Inhalt

Bildverarbeitung für die Qualitätssicherung

Im Modul werden grundlegende Aspekte des Aufbaus von Bildverarbeitungssystemen für Anwendungen in der industriellen Qualitätssicherung vermittelt.

Inhaltliche Schwerpunkte bilden:

1. Grundbegriffe der Bildverarbeitung und Gewinnung digitaler Bildsignale
2. Grundprinzipien von CCD / CMOS-Kameras
3. Bildsensoren / Kamerasysteme in unterschiedlichen Spektralbereichen (Röntgen-, UV-, VIS-, IR-, Farb- und Multispektralkameras)
4. Systemkomponenten der Bildverarbeitung
5. Optische Komponenten der Bildverarbeitung - Abbildung, Beleuchtung
6. Digitale Bildsignalverarbeitung
7. Messverfahren Ein- / Zweidimensional
8. 3D-Messverfahren
9. Weitere Bildgebende Messverfahren - Computertomographie, Wärmebildmessung

10. Anwendung zur Mustererkennung
11. Integration von Bildverarbeitungssystemen in Fertigungsprozesse
12. Lasten- und Pflichtenheft eines industriellen Bildverarbeitungssystems

Die Vorlesung wird durch Praktikumsversuche unterstützt und gibt den Studierenden die Möglichkeit einer praktischen Erprobung der vermittelten Inhalte.

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

Tafel, Beamer (Bilder, Grafiken, Animationen und Live-Vorführung von Algorithmen), elektronisches Vorlesungsskript

Bitte für das Fach unter folgendem Link einschreiben:

Einschreibung der Fächer für das Fachgebiet Qualitätssicherung und industrielle Bildverarbeitung

#### Literatur

J. Beyerer, F. Puente Leon, Ch. Frese "Automatische Sichtprüfung"; Springer Verlag 2012  
Th. Luhmann "Nahbereichsfotogrammetrie" 4.Auflage Wichmann Verlag 2019

B. Jähne "Digitale Bildverarbeitung"; Springer Verlag 2012  
A. Erhardt "Einführung in die digitale Bildverarbeitung"; Vieweg und Teuber (2008)  
Das Handbuch der Bildverarbeitung, Stemmer Imaging 2019  
M. Sackewitz (Hsg.) "Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung" (2017) Fraunhofer IRB Verlag  
Ch. Demant, B. Streicher-Abel, A. Springhoff "Industrielle Bildverarbeitung", Springer Verlag (2011)  
R. D. Fiete "Modelling the Imaging Chain of Digital Cameras", SPIE Press (2010)  
G.C.Holst, T.S. Lomheim "CMOS/CCD Sensors and camera systems" SPIE Press 2011  
Brückner, P.: Handbuch Bildverarbeitung, TU Ilmenau 2017

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Bildverarbeitung für die Qualitätssicherung mit der Prüfungsnummer 230481 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2300672)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2300673)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Praktika gemäß Testkarte in der Vorlesungszeit

#### Link zum Moodle-Kurs

Einschreibung Bildverarbeitung für die Qualitätssicherung

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Fahrzeugtechnik 2014  
Master Fahrzeugtechnik 2022  
Master Maschinenbau 2017  
Master Maschinenbau 2022  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Optische Systemtechnik 2022  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB

## Modul: Grundlagen der Bildverarbeitung und Mustererkennung

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

Modulnummer: 200237 Prüfungsnummer: 230478

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Gunther Notni

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Maschinenbau		Fachgebiet: 2362	

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

#### Fachkompetenz:

Der Hörer hat einen umfassenden Überblick über wesentliche Basismethoden zur Verarbeitung digitaler Bilder, die zur Lösung von Erkennungsaufgaben verwendet werden. Neben dem rein informatischen Aspekt der digitalen Bildverarbeitung erkennt der Hörer wichtige Zusammenhänge zum Entstehen und zur Beschreibung digitaler Bilder. Dem Hörer versteht Methoden, Verfahren und Algorithmen, um digitale Bilder in ihrer technisch zugänglichen Form aufzubereiten, d.h. zu transformieren, zu normalisieren, zu verbessern und für Analysen so vorzubereiten, damit nachfolgend relevante Inhalte und Aussagen abgeleitet werden können. Wichtiges Hilfsmittel der Wissensvermittlung sind zahlreiche Praxisbeispiele in Vorlesung und Übungen. Zusammen mit dem Dozenten kann der Hörer im jeweiligen Themenkomplex diese analysieren und diskutieren.

#### Methodenkompetenz:

Im Ergebnis ist der Hörer in der Lage, Erkennungsaufgaben mit bildhaften Daten zu analysieren und zu klassifizieren sowie wichtige Schritte zur Problemlösung abzuleiten. Weiterhin kann er sich begrifflich sicher im interdisziplinären Wissensgebiet der Bildverarbeitung bewegen und für konkrete Anwendungen der Bildverarbeitung geeignete Lösungen entwickeln. Aufbauend auf den vermittelten Inhalten ist der Hörer in der Lage, seine erworbene Kompetenz in weiterführenden Veranstaltungen, z.B. zu Grundlagen der Farbbildverarbeitung (Bildverarbeitung 2), Grundlagen der 3D-Bildverarbeitung, sowie externen Veranstaltungen zur angewandten Bildverarbeitung und bildbasierten Mustererkennung / künstlichen Intelligenz an der TU Ilmenau weiter auszubauen.

### Vorkenntnisse

gute Kenntnisse in und Interesse an Physik, Mathematik aber auch Informations- bzw. Nachrichtentechnik (Vorlesungen zur Systemtheorie, Signale & Systeme)

### Inhalt

Gegenstand der Vorlesung Grundlagen der Bildverarbeitung und Mustererkennung (Bildverarbeitung 1) sind Methoden zur Lösung von Erkennungsaufgaben mit kamerabasierten technischen Systemen. Kamerabasierte ("sehende") technische Systeme sind heutzutage in der Automatisierungstechnik, der Robotik, der Medizintechnik, der Überwachungstechnik und im Automotive-Bereich sehr weit verbreitet. Die Veranstaltung legt den Fokus zunächst auf digitale Bilder mit skalaren Pixelwerten (sogenannte Grauwertbilder), die im Sinne konkreter Aufgabenstellungen ausgewertet werden müssen. Das übergeordnete Ziel dieser Auswertung ist die Interpretation des Bildinhaltes auf verschiedenen Abstraktionsstufen. Dazu müssen die Bilder in ihrer technisch zugänglichen Form aufbereitet, transformiert, gewandelt, analysiert und letztlich klassifiziert werden, um relevante Inhalte und Aussagen ableiten zu können. In der Veranstaltung werden dafür wesentliche Methoden, Verfahren und Algorithmen betrachtet und im Kontext konkreter Anwendungen aus der Praxis diskutiert.

Neben den rein informatischen Aspekten der digitalen Bildverarbeitung werden in der Vorlesung wichtige Zusammenhänge zum Entstehen und zur Beschreibung digitaler Bilder vermittelt.

Gliederung der Vorlesung:

- Einführung / Grundlagen

- Wesen technischer Erkennungsprozesse
- Primäre Wahrnehmung / Entstehen digitaler Bilder
- Bildrepräsentationen und -transformationen
- 2D-Systemtheorie
- Verfahren der Bildvorverarbeitung
  - Geometrische Bildtransformationen
  - Bildstatistik und Punktoperationen
  - Lineare und nichtlineare lokale Operationen
  - Morphologische Operationen
- Ausgewählte Aspekte der Bildinhaltsanalyse
  - ikonische Segmentierung und Merkmalextraktion
  - Klassifikation
- Seminare / Praktische Übungen mit VIP-ToolkitT-Rapid Prototyping

Die Veranstaltung ist begleitet von einem Seminar und Praxisversuchen, in denen die Vorlesungsinhalte nachbereitet, vertieft und einfache BV-Aufgaben mit einer Prototyping Software für Bildverarbeitungslösungen (VIP-Toolkit) bearbeitet werden.

Zur Vorlesung werden weiterhin zahlreiche VIP-Toolkit-Lehrbeispiele bereitgestellt.

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

elektronisches oder gedrucktes Vorlesungsskript "Grundlagen der Digitalen Bildverarbeitung und Mustererkennung (Bildverarbeitung 1)", Übungs-/Praktikumsunterlagen, BV-Experimentiersystem VIP-ToolkitT-Rapid Prototyping

Bitte unter dem Link für das Fach einschreiben

Einschreibung der Fächer für das Fachgebiet Qualitätssicherung und industrielle Bildverarbeitung

Literatur

- J.Beyerer, F.P. Puente Leon, C. Frese: Automatische Sichtprüfung - Grundlagen, Methoden und Praxis der Bildgewinnung und Bildauswertung. Springer Verlag 2012, ISBN 978-3-642-23965-6
- Abmayr: Einführung in die digitale Bildverarbeitung. B.G. Teubner Stuttgart 1994, ISBN 3-519-06138-4
- Jähne: Digitale Bildverarbeitung und Bildgewinnung. Springer; Auflage: 7., 2012, ISBN 978-3642049514
- Jähne: Digitale Bildverarbeitung. Springer; 1994, ISBN 3-540-61379-X
- Haberäcker: Praxis der Digitalen Bildverarbeitung und Mustererkennung. Hanser Fachbuch, 1995, ISBN 978-3446155176
- Haberäcker: Digitale Bildverarbeitung. Hanser Fachbuch, 1991, ISBN 978-3446163393
- Haberäcker: Praxis der Digitalen Bildverarbeitung und Mustererkennung. Hanser Fachbuch, 1995, ISBN 978-3446155176

Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Grundlagen der Bildverarbeitung und Mustererkennung mit der Prüfungsnummer 230478 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2300666)
- alternative Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2300667)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
Hausaufgaben in der Vorlesungszeit

Link zum Moodle-Kurs

Einschreibung Kurs Grundlagen der Bildverarbeitung und Mustererkennung

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013  
 Bachelor Informatik 2021  
 Bachelor Ingenieurinformatik 2013  
 Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
 Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023  
 Bachelor Medientechnologie 2013  
 Bachelor Medientechnologie 2021  
 Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
 Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Mechatronik 2017  
Master Mechatronik 2022  
Master Optische Systemtechnik/Optronik 2017

## Modul: Höhere Festigkeitslehre und Finite Elemente Methoden

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

Modulnummer: 200259 Prüfungsnummer: 2300702

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Lena Zentner

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Maschinenbau Fachgebiet: 2344

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
2	1	1																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen das methodische Rüstzeug, um den Abstraktionsprozess vom realen technischen System über das mechanische Modell zur mathematischen Lösung mittels der Finiten-Elemente-Methode selbstständig realisieren zu können.

Sie können als wesentlichen Ausgangspunkt des Lösungsprozesses das technische Problem klassifizieren. Die Studierenden können neben den, im Mechanik-Grundkurs betonten analytischen Methoden, basierend auf der meist geschlossenen Lösung von Differentialgleichungen, die Effizienz numerischer Methoden verstehen. Durch eine Vielzahl von selbständig bzw. im Seminar gemeinsam gelöster Aufgaben und insbesondere durch praktische Übungen am Rechner sind die Studierenden in der Lage aus dem technischen Problem heraus über eine geeignete Modellbildung eine Lösung rechnergestützt numerisch zu finden. Insbesondere haben sie gelernt, die oftmals sehr umfangreichen numerischen Resultate qualitativ aber ganz besonders qualitativ zu bewerten und Fehler in der Numerik zu erkennen.

Im Ergebnis der Wissensvermittlung im Modul sind die Lernenden fähig, selbständig mit einer FEM-Software zu arbeiten und die Deutung und Auswertung der Ergebnisse einer FEM-Analyse vorzunehmen.

### Vorkenntnisse

Mathematik (Grundlagenstudium),  
 Grundlagen der Technischen Mechanik

### Inhalt

1. Mathematische Grundlagen
  - Tensoren
  - Transformation von Tensoren bei Drehung des Koordinatensystems
2. Grundlagen der Höheren Festigkeitslehre
  - Ein- und mehrdimensionale Spannungszustände
  - Gleichgewichtsbedingungen für Spannungen
3. Elastizitätstheorie
  - analytische Betrachtung des Spannungstensors
  - Mohrscher Spannungskreis
4. Stoffgesetz - Zusammenhang zwischen Spannungs- und Verformungszustand
5. Ebener Spannungszustand, ebener Verformungszustand
6. Ausgewählte Probleme der Höheren Festigkeitslehre
  - KIRCHHOFFsche Plattentheorie
  - Nichtlinearitäten - große Verformungen bei der Biegung eines Stabes
  - Vergleich der kleinen und großen Verformungen
7. Energiemethoden in der Elastizitätstheorie
  - Prinzip des Minimums der totalen potentiellen Energie
  - Berechnung potentieller Energien
8. Verfahren nach Ritz
9. Einführung in die Finite - Elemente - Methode
  - Beschreibung der FEM, Idealisierung, Diskretisierung
  - Betrachtung von einen eindimensionalen Element, Normierung
  - Ausführliches Beispiel zur FEM

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

vorlesungsbegleitendes Material  
 Online-Vorlesung

## Literatur

Hahn, H. G.: Elastizitätstheorie, B. G. Teubner, Stuttgart  
Issler, L.; Roß, H.; Häfele, P.: Festigkeitslehre Grundlagen; Berlin u.a.  
Bathe, K.-J.: Finite-Elemente-Methoden

## Detailangaben zum Abschluss

## Link zum Moodle-Kurs

Höhere Festigkeitslehre und FEM (<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=739>)

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Fahrzeugtechnik 2022  
Master Maschinenbau 2017  
Master Maschinenbau 2022  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Magnetofluiddynamik

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

Modulnummer: 200286 Prüfungsnummer: 2300742

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 kennen das qualitative Verhalten und in die mathematische Beschreibung von Strömungen elektrisch leitfähiger Flüssigkeiten unter dem Einfluss von magnetischen Feldern. Sie können sowohl praktische technische Anwendungen in der Metallurgie und Energietechnik als auch grundlegende Phänomene wie die Selbsterregung von Magnetfeldern in Strömungen zur Erklärung der Entstehung des Erdmagnetfelds erklären. Sie konnten Vorkenntnisse aus der Vorlesungen Strömungsmechanik 1 vertiefen und die Grundlagen des Elektromagnetismus wiederholen. Nach den Übungen können die Studierenden die Problemstellung der gestellten Übungsaufgaben kategorisieren, verschiedene mögliche Lösungswege diskutieren und die in der Vorlesung vermittelten Kenntnisse und Methoden anwenden, um diese Aufgaben zu lösen. Sie können quantitative Abschätzungen verschiedener Effekte auf der Grundlage der Maxwellschen Gesetze vornehmen und analytische Lösungen für Strömungs- und Magnetfelder in einfachen Geometrien finden. Dabei wurden die Vorlesungsinhalte gefestigt und vertieft. Am Ende der Vorlesung haben die Studierenden ein qualitatives Verständnis für die Wechselwirkungen zwischen Magnetfeldern und elektrisch leitfähigen Flüssigkeiten und sind in der Lage, einfache magnetohydrodynamische Strömungen analytisch zu berechnen.

### Vorkenntnisse

Thermodynamik, Elektrotechnik, Strömungsmechanik 1, Mathematik 1 bis 3 für Ingenieure

### Inhalt

Grundgleichungen für Strömungen und elektromagnetische Felder und deren Kopplung, Strömungswirkung auf Magnetfelder, Magnetohydrostatik, Pinch-Effekt, magnetische Wechselfelder, Skin-Effekt, magnetohydrodynamische Kanalströmungen, magnetohydrodynamische Wellen, Dynamotheorie

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

Tafel, Powerpoint

### Literatur

Davidson, An Introduction to Magnetohydrodynamics, Cambridge University Press; Shercliff, A textbook of Magnetohydrodynamics, Pergamon Press

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=1325>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Master Maschinenbau 2017
- Master Maschinenbau 2022
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022



#### Wägetechnik:

Einheit der Masse; Bauelemente einer Waage, Empfindlichkeit, Auftriebskorrektur; Balkenwaage, Laufgewichtswaage, Neigungswaage, Tafelwaage, Brückenwaage, Einfluss von Hebelübersetzungen auf das dynamische Verhalten.

#### Druckmesstechnik:

Physikalische Prinzipien, Fundamentalverfahren zur Darstellung der Einheit, mechanische und elektrische Drucksensoren.

#### Durchflussmesstechnik:

Messgrößen, Messverfahren: Wirkdruckverfahren, Staurohr, magnetisch-induktive Durchflussmessung, Coriolis-Durchflussmesser

#### Längenmesstechnik:

Michelson-Interferometer, Verfahren zur Messung kleiner Längen

#### Trägheitsmesstechnik:

Bedeutung der Trägheitsmesstechnik, Beschreibung des mathematischen Modells, Weg- und Beschleunigungssensoren (Amplituden- und Phasenfrequenzgänge)

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

Nutzung der Möglichkeiten von Beamer/Laptop mit Präsentationssoftware.

Für die Studierenden werden im Moodle 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.

#### Literatur

Die Lehrmaterialien enthalten ein aktuelles Literaturverzeichnis.

#### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Prozessmess- und Sensortechnik mit der Prüfungsnummer 230466 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 80% (Prüfungsnummer: 2300636)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 20% (Prüfungsnummer: 2300637)

#### Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Praktika gemäß Testatkarte in der Vorlesungszeit

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=395>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biomedizinische Technik 2021

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Ingenieurinformatik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Bachelor Mechatronik 2021

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## 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:

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

## Modul: Experimentalphysik 1: Mechanik und Thermodynamik

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

Modulnummer: 200346 Prüfungsnummer: 2400682

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Kröger

Leistungspunkte: 6 Workload (h): 180 Anteil Selbststudium (h): 124 SWS: 5.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2424

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			
	3	2	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben das experimentalphysikalische Grundwissen auf den Gebieten der Mechanik, der Statistik und der Wärmelehre. Die Studierenden sind dadurch in der Lage, die erweiterten Zusammenhänge dieser Bereiche der klassischen Physik zu verstehen und sowohl in anderen experimentalphysikalischen Vorlesungen als auch im physikalischen Teil des Grundpraktikums anzuwenden. Durch die Übungen sind sie in der Lage, entsprechende Probleme zu lösen.

### Vorkenntnisse

Hochschulzugangsberechtigung (Sehr gute Kenntnisse in Mathematik und Physik)

### Inhalt

Kinematik und Dynamik der Punktmasse;  
 Kräfte;  
 Arbeit, Energie;  
 Punktmassensysteme, Impulserhaltung;  
 Rotation, Drehimpulserhaltung;  
 Starrer Körper; Deformierbare Medien;  
 Mechanische Schwingungen;  
 Relativistische Mechanik;  
 Temperatur und Wärme;  
 Kinetische Gastheorie;  
 Hydrostatik und -dynamik

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

Experimentalvorlesungen, Folien, Beamer, Videos, Simulationen; Wöchentliche Übungsserien

### Literatur

H. Vogel: Gerthsen Physik, Springer-Verlag Berlin; W. Demtröder, Experimentalphysik 1, Mechanik und Wärme, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York  
 Bergmann Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 1 Mechanik und Wärme, Walter de Gruyter, Berlin, New York  
 Stroppe, H.: Physik für Studenten der Natur- und Technikwissenschaften, Fachbuchverlag Leipzig

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021  
 Bachelor Technische Physik 2023  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Experimentalphysik 2: Schwingungen, Wellen und Felder

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

Modulnummer: 200347 Prüfungsnummer: 2400683

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Kröger

Leistungspunkte: 6 Workload (h): 180 Anteil Selbststudium (h): 124 SWS: 5.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2424

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			
				3	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben das experimentalphysikalische Grundwissen auf den Gebieten der mechanischen Schwingungen sowie Wellen und Felder. Die Studierenden können deshalb die erweiterten Zusammenhänge dieser Bereiche der klassischen Physik verstehen. Durch die in der Vorlesung dargestellten Methoden sind sie in der Lage, die Übungen zu lösen. Diese Grundlagen kann der Studierende sowohl in anderen experimentalphysikalischen Vorlesungen als auch im physikalischen Teil des Grundpraktikums anwenden.

### Vorkenntnisse

Mechanik und Thermodynamik

### Inhalt

Wärmelehre (Gasgesetze, Phasenübergänge);  
 Schwingungen und Wellen;  
 Resonanz

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

Experimentalvorlesungen, Folien, Beamer, Videos, Simulationen; Wöchentliche Übungsreihen

### Literatur

H. Vogel: Gerthsen Physik, Springer-Verlag Berlin;  
 W. Demtröder, Experimentalphysik 1, Mechanik und Wärme, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York;  
 Bergmann Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 1 Mechanik und Wärme, Walter de Gruyter, Berlin, New York;  
 Stroppe, H.: Physik für Studenten der Natur- und Technikwissenschaften, Fachbuchverlag Leipzig.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021  
 Bachelor Technische Physik 2023  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Experimentalphysik 3: Elektrizitätslehre und Optik

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

Modulnummer: 200349      Prüfungsnummer: 2400685

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Kröger

Leistungspunkte: 6      Workload (h): 180      Anteil Selbststudium (h): 124      SWS: 5.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften      Fachgebiet: 2424

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
							3	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden erhalten einen Einblick in die Grundlagen des Elektromagnetismus. Durch die Formulierung der Maxwell'schen Gleichungen erkennen Sie Zusammenhänge zwischen Elektro- und Magnetostatik. Durch die Wellenoptik können die Studenten z.B. Interferenzerscheinungen erklären und damit das Auflösungsvermögen optischer Instrumente.  
 Die Kombination aus Vorlesung und Übung versetzt sie in die Lage, eigenständig Probleme zu lösen. Idealerweise haben die Studierenden eine Intuition für die physikalischen Vorgänge entwickelt.

### Vorkenntnisse

Experimentalphysik 1 und 2

### Inhalt

Die Vorlesung behandelt die Elektro- und Magnetostatik. Das Coulombsche Kraftgesetz und das Gaußsche Gesetz der Elektrostatik sind zentrale Ergebnisse. Magnetfelder bewegter Ladungen werden durch das Ampèresche und Biot-Savart-Gesetz beschrieben. Ein herausragendes Ergebnis stellt die Erscheinung der elektromagnetischen Induktion und das sie beschreibende Faradaysche Gesetz dar. Eine Zusammenfassung der Gesetze führt zur Formulierung der Maxwell'schen Gleichungen. Es schließt sich die Wellenoptik an. Das Huygensche und Fermatsche Prinzip für die Lichtausbreitung stehen am Anfang dieses Kapitels. Es werden dann Interferenzerscheinungen und das Auflösungsvermögen optischer Instrumente behandelt. Zeitliche und räumliche Kohärenz werden diskutiert. Doppelbrechung, Phasenverschiebungsplättchen, Laser und Holographie bilden den Abschluss der Vorlesung.

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

Tafel, Computer-Präsentation

### Literatur

- Berkeley Physik-Kurs Band 2, Elektrizität und Magnetismus (Vieweg, 1989)
- Berkeley Physik-Kurs Band 3, Schwingungen und Wellen (Vieweg, 1989)
- A. Recknagel: Elektrizität und Magnetismus (VEB, 1986) und Schwingungen und Wellen (VEB, 1988) und Optik (VEB, 1988)
- R. Feynman: Mainly electromagnetism and matter (Volume 2, Addison-Wesley, 1964)
- E. Hecht: Optics (Addison-Wesley, 2002)

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Mathematik 2021
- Bachelor Technische Physik 2023
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Experimentalphysik 4: Atome, Kerne, Teilchen

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

Modulnummer: 200350 Prüfungsnummer: 2400686

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Kröger

Leistungspunkte: 6	Workload (h): 180	Anteil Selbststudium (h): 124	SWS: 5.0
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften		Fachgebiet: 2424	

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			
										3	2	0																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben einen Einblick in die Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie und Quantenmechanik und verstehen diese.  
 Durch die Vorlesung haben bei den Studierenden konkrete Vorstellungen der Begriffsbildung von Raum, Zeit und Messung.  
 Durch die Kombination aus Vorlesung und Übung sind sie in die Lage, eigenständig Probleme zu lösen, und z.B. Atome, Moleküle und Kerne quantenmechanisch zu beschreiben.

### Vorkenntnisse

Experimentalphysik 1-3

### Inhalt

Der Hauptteil der Vorlesung beschäftigt sich mit der Physik kleinster Teilchen. Nach der Diskussion des Welle-Teilchen-Dualismus wird die klassische Atom-Physik behandelt, die schließlich in die quantenmechanische Beschreibung der Atome, Moleküle und Kerne mündet. Wichtige Ergebnisse werden das Bohrsche Atommodell, die Schrödinger-Gleichung und die Heisenbergschen Unschärferelationen sein. Radioaktivität und Elementarteilchen bilden den Abschluss der Vorlesung.

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

Tafel, Computer-Präsentation

### Literatur

- Berkeley Physik-Kurs Band 4: Quantenphysik (Vieweg 1989)
- R. Feynman: Quantenmechanik (Band 3, Addison-Wesley 1964)
- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker: Fundamentals of Physics (Wiley 2001)
- P. A. Tipler, G. Mosca: Physik (Springer 2009)
- D. Meschede: Gerthsen Physik (Springer 2010)
- W. Demtröder: Experimentalphysik 1, 3 (Springer 2010)
- A. P. French: Die spezielle Relativitätstheorie (Vieweg 1986)
- L. C. Epstein: Relativity visualized (Insight Press 1985); N. D. Mermin: It's about time (Princeton University Press 2005)

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Mathematik 2021
- Bachelor Technische Physik 2023
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Technische Physik 1

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 45 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkenn.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200371 Prüfungsnummer: 2400717

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Jörg Kröger

Leistungspunkte: 8	Workload (h): 240	Anteil Selbststudium (h): 150	SWS: 8.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2424							
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		3 1 0	2 2 0							

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Vorlesung haben die Studierenden grundlegenden Konzepte und die experimentellen Methoden der modernen Festkörperphysik verstanden. Ausgehend von der geordneten Struktur kennen die Studierenden die physikalischen Eigenschaften von Festkörpern, insbesondere von Gitterschwingungen und Elektronenzuständen. Die Studierenden sind fähig, die in der Vorlesung vorgestellten Konzepte in konkreten Problemstellungen bei den Übungen anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Experimentalphysik 1-3, Quantenmechanik

### Inhalt

#### Festkörperphysik 1

Die Vorlesung legt die Grundlagen der modernen Festkörperphysik dar. Hierzu werden zunächst Bindungs- und Kristalltypen eingeführt. Beugungsmethoden zur Strukturanalyse motivieren das reziproke Gitter, die Ewald-Konstruktion, Struktur- und atomaren Formfaktor. Anschließend wird der Studierende mit den Dispersionsrelationen von akustischen und optischen Phononen konfrontiert. Das Einstein- und Debye-Modell der Phononen wird eingehend behandelt. Anharmonische Effekte im Festkörper werden anhand der thermischen Ausdehnung und der Wärmeleitung eingeführt. Einen weiteren Schwerpunkt der Vorlesung bildet die elektronische Struktur von Festkörpern. Beginnend mit dem Drude-Modell des klassischen Elektronengases, in dem das Wiedemann-Franz-Gesetz und der Hall-Effekt vorgestellt werden, werden anschließende Verfeinerungen im Sommerfeld-Modell des freien Fermi-Gases und in der Bloch-Theorie des nahezu freien Elektronengases im Potential des periodischen Festkörpergitters vorgenommen. Ein Höhepunkt ist die Beschreibung des Verhaltens eines nahezu freien Elektronengases im äußeren Magnetfeld. Die auftretenden Landau-Niveaus dienen als Grundlage für die beobachtbaren de-Haas-van-Alphén-Oszillationen. Im vorletzten Kapitel der Vorlesung werden die Grundlagen der Halbleiterphysik vermittelt. Hierbei spielen direkte, indirekte, intrinsische und dotierte Halbleiter eine Rolle. Die Grundlagen von Halbleiterbauelementen, nämlich Grenzflächen von unterschiedlich dotierten Halbleitern sowie der Schottky-Kontakt, werden behandelt. Dielektrische Eigenschaften von Festkörpern bilden den Abschluss der Vorlesung. Der zentrale Begriff ist hierbei die dielektrische Funktion. Die Dispersion von Plasmonen, Phononen, Plasmon-Polaritonen und Phonon-Polaritonen wird ausführlich behandelt.

#### Techniken der Oberflächenphysik

Die Vorlesung stellt moderne Techniken der Oberflächenphysik vor. Schwerpunkte bilden die Strukturbestimmung von Oberflächen, die Analyse ihrer elektronischen und magnetischen Eigenschaften, die Spektroskopie von Substratphononen und Adsorbatschwingungen sowie die Beobachtung schneller Prozesse auf der Femtosekundenzeitskala. Ein tieferer Einblick in Konzepte der Oberflächenphysik wird in der Vorlesung "Oberflächen- und Grenzflächenphysik" des Wahlmoduls "Physik in reduzierten Dimensionen" vermittelt.

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

Tafel, Computer-Präsentation

### Literatur

H. Ibach, H. Lüth, Solid-State Physics (Springer, Berlin, 2003)  
 N.W. Ashcroft, N.D. Mermin, Solid State Physics (Saunders, New York, 1976)

- J. Patterson, B. Bailey, Solid-State Physics (Springer, 2010)  
M. P. Marder, Condensed Matter Physics (Wiley, 2010)  
C. Kittel, Introduction to Solid State Physics (Wiley, 2005)  
S. Hunklinger, Festkörperphysik (Oldenbourg, 2007)  
K. Kopitzki, Einführung in die Festkörperphysik (Teubner Studienbuch)  
Ch. Weißmantel, C. Hamann: Grundlagen der Festkörperphysik (Barth, 1995)  
K.-H. Hellwege, Einführung in die Festkörperphysik (Springer, 1994)  
K. Seeger, Halbleiterphysik 1, 2 (Vieweg, 1992)  
S. Haussühl, Kristallphysik (Physik-Verlag, 1983)  
O. Madelung, Festkörpertheorie I - III (Springer)  
C. Kittel, Quantum-Theory of Solids (Wiley)  
A. Zangwill, Physics at surfaces (Cambridge University Press, 1998)
- H. Lüth, Surfaces and interfaces of solid materials (Springer, 1995)
- M.C. Desjonquères, D. Spanjaard, Concepts in surface physics (Springer, 1996)  
M. Henzler, W. Göpel, Oberflächenphysik des Festkörpers (Teubner, 1994)  
G. Ertl, J. Küppers, Low energy electrons and surface chemistry (Verlag Chemie, 1974)
- S.G. Davison, M. Steslicka, Basic Theory of Surface States (Clarendon, Oxford, 1996)  
H. Ibach, Physics of Surfaces and Interfaces (Springer, Berlin, 2006)  
H. Lüth, Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films (Springer, Berlin, 2010)  
A. Groß, Theoretical Surface Science (Springer, Berlin, 2009)  
F. Bechstedt, Principles of Surface Physics (Springer, Berlin, 2003)  
M. Prutton, Introduction to Surface Physics (Oxford University Press, 2002)  
H. Kuzmany, Solid-State Spectroscopy (Springer, Berlin, 1998)
- K. Oura et al., Surface science (Springer, 2003)
- D.P. Woodruff, T.A. Delchar, Modern techniques of surface science (Cambridge University Press, 1994)
- D.J. O'Connor et al., Surface analysis methods in materials science (Springer, 2003)
- J.H. Moore et al., Building scientific apparatus (Perseus, 1991)
- W. Umrath, Grundlagen der Vakuumtechnik (Leybold, 1997)

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Physik 2023  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Technische Physik 2

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

Modulnummer: 200369 Prüfungsnummer: 2400715

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Siegfried Stapf

Leistungspunkte: 7 Workload (h): 210 Anteil Selbststudium (h): 131 SWS: 7.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2423

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	2	2	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben Kenntnisse in modernen experimentellen Methoden der Physik. Sie können nach den Vorlesungen in Verbindung mit den Übungen u.a. Vakuumtechniken und Methoden der Massenspektrometrie beschreiben. Sie sind mit den Grundlagen der Molekülbindung vertraut, verstehen die Struktur und Dynamik der Makromoleküle und technischer Polymere. Sie wissen, wie man spektroskopische Methoden anwendet und können moderne experimentelle Aufbauten verstehen und dimensionieren.

### Vorkenntnisse

Experimentalphysik 1

### Inhalt

Vakuumtechnologie, Erzeugen und Messen ultratiefer Temperaturen, Methoden der Massenspektrometrie, Röntgenstrahlenerzeugung; Elektronen- und Kernspinresonanz für Spektroskopie und Dynamikuntersuchungen (Relaxation, Diffusion).  
 Grundlagen der Molekülbindung, Symmetrie, Wechselwirkung Licht und Materie; Rotations- und Schwingungsspektroskopie, Ramanspektroskopie, elektronische Absorption und Fluoreszenz.  
 Einführung in Struktur und Dynamik der Makromoleküle, technische Polymere, Konformationsstatistik, Energie- und Entropie-Elastizität, amorphe und kristalline Zustände.

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

Vorlesungen und Übungen, Folien, Beamer

### Literatur

Bergmann Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band 1-4

### Detailangaben zum Abschluss

im ersten Semester eine semesterbegleitende Prüfungsleistung

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Physik 2023  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Theoretische Physik 1

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

Modulnummer: 200343 Prüfungsnummer: 240260

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Erich Runge

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 82 SWS: 6.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2421

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 sind befähigt, grundlegende mathematische Methoden der Physik und theoretische Methoden der Mechanik auf konkrete Problemstellungen anzuwenden. Sie haben die Fähigkeit, Gleichungen für die Mechanik von Ein- und Vielteilchensystemen in Newtonscher Formulierung aufzustellen, sie verstehen die verschiedenen Formulierungen der Mechanik und können Ein- und Vielteilchensysteme analytisch bzw. numerisch lösen. Nach den Vorlesungen kennen und verstehen die Studierenden verschiedene Methoden und sind in der Lage, diese in den Übungen zu trainieren und zu verwenden. Sie sind in der Lage, sich gegenseitig durch Fragen zu helfen, das Verständnis der Lehrinhalte zu vertiefen.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse der Analysis und Linearen Algebra; Kenntnisse der Mechanik wie sie in der Vorlesung "Mechanik und Thermodynamik" vermittelt werden, sind erwünscht.

### Inhalt

Vorlesungsinhalte: Mechanik von Ein- und Vielteilchensystemen in Newtonscher Formulierung; Lagrangesche Formulierung der Mechanik; Zweikörper-Zentralkraft-Problem; Hamiltonsche Formulierung der Mechanik; Hamilton-Jacobi-Theorie

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

vorwiegend Tafel, auch Beamer-Präsentation und Handouts

### Literatur

Lehrbücher der analytischen Mechanik (große Auswahl geeigneter Bücher existiert auf deutsch und englisch; z. B. Reiner M. Dreizler, Cora S. Lüdde, Walter Greiner)

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Theoretische Physik 1 mit der Prüfungsnummer 240260 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2400677)
- mündliche Prüfungsleistung über 45 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2400678)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
 Die eigenständige Bearbeitung von Übungsaufgaben und die Präsentation der Lösungen ist Teil des Kompetenzerwerbs und wird bewertet. Fehlende Punkte können in einer Semesterabschlussklausur erworben werden.

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Mathematik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Theoretische Physik 2

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

Modulnummer: 200344 Prüfungsnummer: 2400679

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Erich Runge

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 94 SWS: 5.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2426

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 sind befähigt, grundlegende mathematische Methoden der Physik auf konkrete Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden verstehen die Quantenmechanik als Basis des modernen physikalischen Weltbildes. Zudem gewinnen die Studierenden einen Überblick über die Möglichkeiten der fortgeschrittenen Quantenmechanik. Sie können den Vorlesungsstoff auf verwandte Problemstellungen verallgemeinern und sind in der Lage, die zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien zu erkennen.

### Vorkenntnisse

Mathematische Vorlesungen und physikalische Kenntnisse aus dem gemeinsamen ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium, Inhalte des Moduls Theoretische Physik 1.

### Inhalt

Quantelung, Wellenaspekte der Materie, Mathematische Grundlagen, Schrödinger-Gleichung, Potentialtöpfe und -barriere, harmonischer Oszillator, Korrespondenzprinzip, Wasserstoffatom, Drehimpuls, Kugelflächenfunktionen, Hilbert-Raum, Philosophische Aspekte, Spin, sowie ein Überblick über die Vielteilchen-Schrödinger-Gleichung, die Ankopplung an elektromagnetische Felder, Systeme ununterscheidbarer Teilchen, Störungsrechnung und Näherungsverfahren, Streutheorie; Ausblick Quanteninformation und relativistische Quantenmechanik

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

vorwiegend Tafel, auch Beamer-Präsentationen und Handouts

### Literatur

Es existiert eine große Anzahl an deutschen und englischsprachigen Lehrbüchern, z. B. W. Nolting: Grundkurs Theoretische Physik /1 und 5/2 (Springer); W. Greiner: Theoretische Physik, Quantenmechanik (Harry Deutsch); F. Schwabl: Quantenmechanik für Fortgeschrittene (Springer); U. Scherz: Quantenmechanik (Teubner); J. J. Sakurai: Modern Quantum Mechanics (Addison Wesley); A. Messiah: Quantenmechanik Bd. 1 und 2 (de Gruyter)

### Detailangaben zum Abschluss

Die eigenständige Bearbeitung von Übungsaufgaben und die Präsentation der Lösungen ist Teil des Kompetenzerwerbs und wird bewertet. Fehlende Punkte können in einer Semesterabschlussklausur erworben werden.

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Theoretische Physik 3

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200345

Prüfungsnummer: 240261

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Martina Hentschel

Leistungspunkte: 10	Workload (h): 300	Anteil Selbststudium (h): 188	SWS: 10.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2426							
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

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können nach der Vorlesung elektrodynamische Phänomene von der Elektrostatik bis zur Lichtausbreitung analytisch beschreiben und numerische Simulationstools verstehen. Sie verstehen die methodische Nähe vor allem zur Quantenmechanik und zur analytischen Mechanik.

Des Weiteren verstehen die Studierenden, dass die statistische Betrachtungsweise von Systemen mit vielen Freiheitsgraden zu experimentell verifizierbaren Ergebnissen führt. Sie kennen die Statistische Physik als mikroskopische Grundlage der Thermodynamik. Sie haben ein gutes Verständnis des Ensemblebegriffes und von Erwartungswertbildung.

Durch den Simulationskurs sind die Studierenden befähigt, physikalische Probleme zu erfassen, zu verstehen und so aufzubereiten, dass eine Modellierung ein quantitatives Verständnis des Sachverhaltes ermöglicht. Während der Vorlesungen haben die Studierenden wichtige Methoden kennengelernt und verstanden und sind in der Lage, diese in den Übungen zu trainieren und zu verwenden. Sie können sich gegenseitig durch Fragen helfen, das Verständnis der Lehrinhalte zu vertiefen.

### Vorkenntnisse

Erwünscht sind Grundkenntnisse der Elektrodynamik wie sie in der Vorlesung "Elektrizitätslehre und Optik" gelehrt werden sowie verteilte mathematische Kompetenzen, wie sie in der Vorlesung Quantenmechanik 1 vermittelt und im Fach DGL und Fouriertransformation werden. Analoges gilt für Vorkenntnisse aus der Thermodynamik, um den statistischen Zugang zu ermöglichen. Für den Simulationskurs sind Programmierkenntnisse gemäß dem Modul Theoretische Physik 1 vorausgesetzt.

### Inhalt

Elektrostatik: Coulomb-Potential, Dipolfelder und Multipolentwicklung, Green'sche Funktionen, Stetigkeitsbedingungen, Flächenladungen, Maxwell-Gleichung in Gesamtsicht;

Magnetostatik: Biot-Savart-Gesetz

Elektrodynamik: Welle Gleichung, Strahlen- und Wellenoptik, Nahfeldoptik, Plasmonen;

Ausblick: Eichfreiheit, relativistisch kovariante Formulierung, Ankopplung an Quantensysteme

Statistische Begründung der thermodynamischen Konzepte und der thermodynamischen Potentiale; Statistische Gesamtheiten; Lagrange Parameter; Kanonische Verteilung; Besetzungsfunktionen; ideale Gase; Quantengase;

Grundzüge der Quantenstatistik, wechselwirkende Systeme; Mean-field-Theorie; Kritische Exponenten;

Einführung in den Magnetismus

Simulation eines selbst gewählten physikalischen Problems

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

vorwiegend Tafel, auch Beamer-Präsentationen und Hand-outs

### Literatur

Jackson; Drezler; Nolting und andere Lehrbücher der Elektrodynamik

Lehrbücher der statistischen Physik (große Auswahl geeigneter Bücher existiert, deutsch und englisch, z. B.: Brenig, Greiner, Ma, Reichl, Schwabl)

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Theoretische Physik 3 mit der Prüfungsnummer 240261 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Studienleistung mit einer Wichtung von 20% (Prüfungsnummer: 2400680)
- mündliche Prüfungsleistung über 45 Minuten mit einer Wichtung von 80% (Prüfungsnummer: 2400681)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

Darstellung der Ergebnisse in Form eines Papers.

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Die eigenständige Bearbeitung von Übungsaufgaben und die Präsentation der Lösungen ist Teil des Kompetenzerwerbs und wird bewertet. Fehlende Punkte können in einer Semesterabschlussklausur erworben werden.

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Analytik

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

Modulnummer: 200389

Prüfungsnummer: 2400738

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Robert Geitner

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2429							
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 2						

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen die wichtigsten Techniken und Geräteklassen der Instrumentellen Analytik und der Mikroanalysetechnik und sind in der Lage, chemisch-analytische Probleme zu analysieren und auch unter den speziellen Anforderungen von mikro- und nanotechnologischen System- und Technologieentwicklungen zu lösen.

Im Seminar haben die Studierenden gelernt, ausgewählte Probleme der Strukturaufklärung zu vertiefen. Durch die praktischen Übungen können sie spektroskopische Datensätzen als Methoden der Strukturaufklärung anwenden.

### Vorkenntnisse

Kenntnisse der anorganischen und organischen Chemie sowie praktische Erfahrung im Labor. Abgeschlossene AC I und II Praktikum!!!

### Inhalt

Das Modul vermittelt eine Einführung in grundlegende Verfahren der instrumentellen Analytik und ihre Anwendung auf Problemstellungen aus der Molekül- und Strukturanalytik. Dazu werden die Grundlagen der Massenspektrometrie, NMR, IR- und UV/VIS-Spektroskopie vermittelt. Die Kombination dieser Methoden zur modernen Strukturaufklärung wird diskutiert. Im Seminar erfolgt eine Vertiefung durch Anwendung des Gelernten auf ausgewählte Probleme der Strukturaufklärung. In den praktischen Übungen werden mit spektroskopischen Datensätzen Methoden der Strukturaufklärung angewendet

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

Tafel, Beamer, Experimente

### Literatur

Douglas A. Skoog, F. James Holler, Stanley R. Crouch: "Instrumentelle Analytik - Grundlagen - Geräte - Anwendungen", 6. Auflage (Springer 2013)

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biotechnische Chemie 2021  
 Bachelor Mathematik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Bioinstrumentelle Analytik und Mikroanalyzesysteme

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

Modulnummer: 200383 Prüfungsnummer: 2400731

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Michael Köhler

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0																		
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2429																		
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 kennen den Ablauf eines analytischen Experiments. Sie können in der Kleingruppe eine im Rahmen des Praktikums gestellte Analytaufgabe bearbeiten. Sie können mit Messgeräten sicher und kompetent umgehen. Sie dokumentieren ihre Ergebnisse korrekt und nachvollziehbar in einem Versuchsprotokoll.

Die Studierenden sind in der Lage, Anwendungsbeispiele und Analysevarianten zu entwickeln. Die Studierenden analysieren reale Trenn- und Analysenprobleme für chemische Strukturen von unbekanntem Substanzen. Die Studierenden sind in der Lage, geeignete Analysemethoden Programme zu verstehen, zu erstellen und in Betrieb zu nehmen.

Sozialkompetenz: Die Studierenden sind in der Lage, fortgeschrittene Problemstellungen der bioinstrumentelle Analytik und von Mikroanalyzesysteme in der Gruppe zu lösen.

### Vorkenntnisse

Bachelor-Abschluß (Ingenieur- oder Naturwissenschaften)

### Inhalt

Das Lehrgebiet beinhaltet folgende Schwerpunkte: Allgemeine Analytik, Optische Spektroskopie, Verteilungs-Chromatographie, Ionen-Chromatographie, Größenausschluss-Chromatographie, Kopplung zwischen Chromatographie- und Massenspektrometersystemen (LC-MS), Säulenmaterialien, Elektrophorese, Isotachophorese.

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

Vorlesung, Folien, Beamer

### Literatur

Douglas A. Skoog, F. James Holler, Stanley R. Crouch: "Instrumentelle Analytik - Grundlagen - Geräte - Anwendungen", 6. Auflage (Springer 2013); Manfred H. Gey, "Instrumentelle Analytik und Bioanalytik - Biosubstanzen, Trennmethoden, Strukturanalytik, Applikationen" 3. Auflage, (Springer 2015)

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Biotechnische Chemie 2020  
 Master Biotechnische Chemie 2023  
 Master Elektrochemie und Galvanotechnik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Biotechnische Mikro- und Nanosysteme

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200382

Prüfungsnummer: 240273

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Doris Heinrich

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0																		
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2432																		
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	0	2																		

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden kennen die relevanten biotechnischen Grundlagen der Mikrosystemen. Sie können plausible Funktionsprinzipien systematisieren und die Wirkmechanismen für chemische und biologische Mechanismen theoretisch und praktisch durchdringen.

Die Studierenden können Aufbau und Anwendungen von biotechnischen Mikro- und Nanosystemen bestimmen. Durch die Diskussion verschiedener Beispiele können Sie auf Basis von verfahrensbezogenen, wirtschaftlichen, umwelttechnischen und sozialen Kriterien eine Auswahl für den Produktentwicklungsprozess begründen.

Nach den experimentellen Praktika können die Studierenden verschiedene Experimente in Mikro- und Nanosystemen praktisch durchführen. Dadurch ergeben sich folgende zusätzliche Lernergebnisse, die im Rahmen einer separaten Bewertung (pSL) überprüft werden.

Die Studierenden können Versuchsreihen selbstständig planen und experimentelle Ergebnisse im chemischen und biowissenschaftlichen Bereich auswerten. Sie können die Plausibilität experimenteller Daten überprüfen und Schlussfolgerungen für die Auslegung des Einsatzes von biotechnischen Mikro- und Nanosystemen ableiten.

### Vorkenntnisse

Bachelorabschluss BTC oder fachverwandter Bachelorabschluss

### Inhalt

Phys.-chem. Grundlagen der techn. Chemie, biotechnische Mikro- und Nanosysteme, Betriebsweisen, Prozessskalierung, homogene und heterogene Prozesse in Mikro- und Nanosystemen, Materialwahl für Mikro- und Nanosysteme, Miniaturisierte Screenings

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

Beamer, Moodle-Inhalte, Präsentationen

### Literatur

Fachpublikationen (auf Moodle)

### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Biotechnische Mikro- und Nanosysteme mit der Prüfungsnummer 240273 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- mündliche Prüfungsleistung über 45 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2400729)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2400730)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Durchführung der geforderten Praktikumsversuche und Erarbeitung der Protokolle. Die Leistung wird verbucht, wenn eine vollständige Praktikumskarte eingereicht wird.

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Biotechnische Chemie 2020

Master Biotechnische Chemie 2023

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Chemie für Ingenieure

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

Modulnummer: 200384

Prüfungsnummer: 2400732

Modulverantwortlich: apl. Prof. Dr. Uwe Ritter

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0																		
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2425																		
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 sind nach der Vorlesung und den Übungen in der Lage, aufgrund der erworbenen Kenntnisse über die chemische Bindung und über chemische Reaktionen, chemisch relevante Zusammenhänge zu verstehen. Die Studierenden können die Eigenschaften von Werkstoffen aus ihrer chemischen Zusammensetzung ableiten bzw. eine Verbindung zwischen mikroskopischen und makroskopischen Eigenschaften herstellen. Das erworbene Wissen kann fachübergreifend angewendet werden.

### Vorkenntnisse

HZB

### Inhalt

Struktur der Materie, Bohrsches Atommodell, Quantenmechanisches Atommodell, Schrödingergleichung, Heisenbergsche Unschärferelation, Atombindung, Ionenbindung, Metallbindung, Bindung in Komplexen, Intermolekulare Wechselwirkungen, Säure-Base-Reaktionen, Redoxreaktionen, Fällungsreaktionen, chemisches Gleichgewicht, Reaktionskinetik, Katalyse, Eigenschaften ausgewählter Stoffe, Herstellungsverfahren industriell wichtiger Stoffe.

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

Tafel, Transparent-Folien, Beamer-Präsentation, Video-Filme, Manuskript

### Literatur

Peter W. Atkins, Loretta Jones: Chemie - einfach alles. 2. Auflage von von Wiley-VCH 2006  
 Jan Hoinkis, Eberhard Lindner: Chemie für Ingenieure. Wiley-VCH 2001  
 Arnold Arni: Grundwissen allgemeine und anorganische Chemie, Wiley-VCH 2004  
 Erwin Riedel: Allgemeine und anorganische Chemie. Gruyter 200

### Detailangaben zum Abschluss

Die Prüfungsleistung wird schriftlich in Form einer 90 minütigen multiple-choice-Klausur erbracht. In dieser soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und ohne Hilfsmittel die grundlegenden Prinzipien der Allgemeinen Chemie wiedergegeben und angewandt werden können.

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Fahrzeugtechnik 2021  
 Bachelor Mathematik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Einführung in die Quantenchemie

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200362

Prüfungsnummer: 2400706

Modulverantwortlich: Dr. Wichard Beenken

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0																											
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2421																											
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 besitzen einen Überblick über die Grundlagen und die wichtigsten Methoden der Quantenchemie. Aufbauend auf der Quantenmechanik verstehen sie neben den grundlegenden Fragen aus der Chemie (z.B. "Wie kommt eine chemische Bindung zustande?") die allgemein zur Anwendung kommenden Methoden der Quantenchemie, wie die Hartree-Fock-Methode und die Konfigurationswechselwirkungsrechnung. Sie haben damit auch eine gute Basis zum allgemeinen Verständnis quantentheoretischer Methoden in anderen Bereichen der Materialphysik erworben. Durch die praktischen Übungen am Rechner sind sie mit dem Quantenchemieprogrammpaket Gaussian vertraut.

### Vorkenntnisse

Einführung in die Quantenmechanik

### Inhalt

#### 1. Mehrteilchensysteme

- Mehrteilchen Hamiltonoperator
- Born-Oppenheimer-Näherung
- Adiabatische und diabatische Potentialflächen
- Frack-Condon-Prinzip

#### 2. Kovalente Bindung

- $H_2^+$ -Ion
- LCAO Ansatz
- Zweizentren und Resonanzintegral
- Erweiterte Hückel-Theorie

#### 3. Mehrelektronensysteme

- Mehrteilchenwellenfunktionen
- Ununterscheidbarkeit - Fermionen
- Teilchenerzeugungs- und -vernichtungsoperatoren
- Ein- und Zweiteilchenoperatoren
- He-Atom
- $H_2$ -Molekül

#### 4. Hartree-Fock-Ansatz

- Molekularfeldnäherung - Hartree- und Fockterm
- SCF-Verfahren
- Offene Schalen - Roothaan- vs. Pople-Nesbit Gleichungen
- Koopmanstheorem, - Populationsanalyse,
- Hundtsche Regel - Periodensystem der Elemente

#### 5. Basisätze

- LCAO-Ansatz
- STO-Basis
- Gauss-Basen
- Basissatzerweiterung und -optimierung

## 6. Elektronen-Korrelation

- O<sub>2</sub> Spektrum - Konfigurationswechselwirkung
- CAS-SCF und CASPT2
- Angeregte Zustände - CIS, CISD ...
- Coupled-Cluster-Theory

## 7. Semiempirische Verfahren

- ZDO-Näherung - CNDO, INDO
- AM und PM
- ZINDO

## 8. Dichtefunktionaltheorie

- Hohenberg-Kohn Theoreme
- Kohn-Sham-Gleichungen
- LDA und GGA
- Hybridfunktionale

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

Tafel, Power-Point-Präsentation, Übungsblätter, Arbeitsplatzrechner mit Software Gaussian

### Literatur

- C. J. Cramer: Essentials of Computational Chemistry (John Wiley & Sons)
- J. Reinhold: Quantentheorie der Moleküle (Teubner)

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Biotechnische Chemie 2020

Master Biotechnische Chemie 2023

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Physik 2023

## Modul: Einführung in die Quantenmechanik

Modulabschluss: Studienleistung alternativ Art der Notengebung: Testat / Generierte  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200397 Prüfungsnummer: 2400748

Modulverantwortlich: Dr. Wichard Beenken

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 2421

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
2	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

**Vorlesung:** Die Studierenden erkennen Quantenphysik als die Basis des modernen physikalischen Weltbildes und Grundlage der modernen Chemie. Durch die Vorlesung sind sie mit den physikalischen Grundlagen der Quantenmechanik vertraut und verstehen deren Anwendung auf grundlegende Problemstellungen der Atomphysik. Diese Kenntnisse dienen ihnen als Grundlage für die Lehrveranstaltungen "Einführung in die Quantenchemie" (M-BTC) sowie "Einführung in die Festkörperphysik für Ingenieure" (RET).

**Übung:** Durch selbstständig zu bearbeitenden Übungsaufgaben haben die Studierenden die Methodik und mathematischen Grundlagen der Quantenmechanik gefestigt und gelernt, sie selbstständig auf weiterführende, konkrete Problemstellungen anzuwenden. Sie sind in der Lage, die eigenen Ergebnisse der Bearbeitung der Übungsaufgaben, die sie als vorstellungswürdig einschätzen, zu präsentieren und diskutieren Sie mit Ihren Kommilitonen. Sie haben gelernt Hinweise und Anmerkungen zu beachten und Kritik zu würdigen.

**Ergänzende Lehrveranstaltungen:** Interessierte Studierende der Regenerative Energietechnik haben sich im Rahmen der Lehrveranstaltung "Mathematische Ergänzungen zur Quantenmechanik" eventuell fehlende mathematische Kenntnisse angeeignet. Die Lehrveranstaltung wurde vom Dozenten als Blockveranstaltung nach Vereinbarung gesondert angeboten.

### Vorkenntnisse

Voraussetzung sind mathematische Kenntnisse insbesondere der Matrizenrechnung sowie der gewöhnlichen Differentialgleichungen auf dem Niveau der Vorlesungen Mathematik 1-3. Hilfreich sind Kenntnisse des Atommodells aus den Vorlesungen zur Allgemeinen Chemie bzw. Physikalischen Chemie, sowie Grundkenntnisse der Physik auf dem Niveau der Vorlesungen Physik 1&2

### Inhalt

1. Welle-Teilchen Dualismus
2. Postulate der Quantentheorie, Korrespondenzprinzip
3. Schrödingergleichung, Wahrscheinlichkeitsinterpretation
4. Matrizenmechanik, Dirac-Notation
5. Harmonischer Oszillator
6. Wasserstoffatom
7. Störungstheorie

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

Tafel

### Literatur

- J. Reinhold: Quantentheorie der Moleküle, Teubner 2004, ? 29.90
- F. Schwabl: Quantenmechanik, Springer 2007, ? 32.99

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Biotechnische Chemie 2020  
Master Biotechnische Chemie 2023  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Regenerative Energietechnik 2022  
Master Technische Physik 2023

## Modul: Elektrochemie und Korrosion

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

Modulnummer: 200589 Prüfungsnummer: 2100931

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Andreas Bund

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Fachgebiet: 2175

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 den Vorlesungen und Übungen die Bedeutung von elektrischen Ladungen und Potenzialdifferenzen an Phasengrenzen verstanden. Sie verstehen den Zusammenhang zwischen der Kinetik von elektrochemischen Reaktionen an Phasengrenzen und wichtigen Parametern wie Potenzialdifferenz, Konzentration der elektroaktiven Spezies und Strömungsprofil. Die Studierenden können dieses Grundlagenwissen für die modernen Material- und Lebenswissenschaften anwenden, insbesondere im Hinblick auf die Korrosion. Darüber hinaus kennen die Studierenden die Grundlagen elektrochemischer Verfahren, den Korrosionsschutz und die wichtigsten Anwendungen der Elektrochemie.

### Vorkenntnisse

Grundlegende Kenntnisse in Chemie und Physik

### Inhalt

- Thermodynamik elektrochemischer Zellen
- Struktur und Dynamik der Phasengrenze Elektrode/Elektrolyt
- Elektrochemische Kinetik
- Massentransport in elektrochemischen Reaktionen
- Misch- und Korrosionspotenziale
- Wasserstoffkorrosion, Sauerstoffkorrosion
- Passivität
- Lokalelemente
- Korrosionsschutz
- Anwendungen der Elektrochemie: Batterien; Brennstoffzellen; Elektrolyse

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

Tafelanschrieb

Projektor

Moodle: <https://moodle2.tu-ilmenau.de/login/index.php?id=3820>

### Literatur

- C.H. Hamann, W. Vielstich: Elektrochemie, 4. Aufl., Wiley-VCH, 2005
- A.J. Bard, L.R. Faulkner: Electrochemical Methods. Fundamentals and Applications, 2nd Ed., Wiley, 2001
- R.W. Revie, H.H. Uhlig: Corrosion and corrosion control, 4th ed., Wiley, 2008
- H. Kaesche: Die Korrosion der Metalle, 3. Aufl., Springer Verlag, 2011

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biotechnische Chemie 2021

Bachelor Mathematik 2021

Bachelor Werkstoffwissenschaft 2021

Master Maschinenbau 2017  
Master Maschinenbau 2022  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Grundlagen der Zellbiologie

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200351

Prüfungsnummer: 240262

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Michael Köhler

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0																		
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2429																		
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	0	2																

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach dem Module verstehen die Studierenden die Grundlagen der Zellbiologie. Sie können das Basiswissen zum Aufbau und zu den Funktionen lebender Zellen zusammenfassen. Sie können Zellen als solche und den experimentellen Umgang mit Zellen beschreiben. Nach der Vorlesung "Molekulare Zellbiologie" können sie den molekularen Aufbau von Zellen, wichtige Stoffklassen und ihre Rolle im zellulären Geschehen erläutern. Die Studierenden kennen die Vielfalt der biomolekularen Zusammensetzung von Zellen, von Zellbestandteilen und Organismen. Sie sind in der Lage, Struktur und Eigenschaften wichtiger Klassen von Biomolekülen und deren Bedeutung für die zellbiologischen Abläufe zu beschreiben.

Durch Experimente im biologischen Grundpraktikum sind die Studenten mit wichtigen Arbeitstechniken im zellbiologischen Labor vertraut und sind fähig, die Untersuchung ausgewählter zellbiologischer Objekte mit Hilfe der Lichtmikroskopie durchzuführen.

### Vorkenntnisse

Abiturkenntnisse

### Inhalt

Die Grundregeln sicherer und exakter Laborarbeit werden vermittelt. Hierzu gehören Sicherheitsaspekte beim Umgang mit biologischen Agenzien und in ausgewählten praktischen Aufgaben werden Enzyme und Bakterien als biologische Katalysatoren und "Arbeitstiere" der Biochemie und Molekularbiologie vorgestellt.

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

Praktikumsversuche und Script

### Literatur

B. Alberts et al.: Molekularbiologie der Zelle (z.B. 4. Aufl. Wiley-VCH 2004)

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Grundlagen der Zellbiologie mit der Prüfungsnummer 240262 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2400687)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2400688)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

Die Prüfungsleistung wird schriftlich in Form einer 90 minütigen Klausur erbracht. In dieser soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und ohne Hilfsmittel die grundlegenden Prinzipien der Zellbiologie wiedergegeben und angewandt werden können.

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Das Praktikum wird während des Semesters abgelegt und abgeschlossen. Die Bewertung des Praktikums erfolgt anhand der vorgelegten Protokolle. Ein nicht beständenes Praktikum kann einmal wiederholt werden.

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biotechnische Chemie 2021

Bachelor Mathematik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Grundlagen Physikalische Chemie

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200354

Prüfungsnummer: 240263

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Robert Geitner

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 94	SWS: 5.0																								
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2429																								
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	2																					

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach dem Modul kennen die Studierenden die wichtigsten Grundlagen der physikalischen Chemie. Im Ergebnis sind die Studenten mit den wichtigsten Grundlagen der chemischen Thermodynamik, der Gastheorie, der chemischen Kinetik sowie der Elektrochemie und der Wechselwirkung zwischen Molekülen und elektromagnetischer Strahlung vertraut, können sie beschreiben.

Nach der Vorlesung haben die Studierenden die Grundlagen der Physikalischen Chemie als Schnittstelle zwischen Physik und Chemie verstanden. Nach dem Seminar können die Studierenden die spezifische physikochemische Fragestellung (z.B. Enthalpie, Entropie u.a.) mathematisch lösen.

Die Studenten sind fähig, physikochemische Phänomene zu verstehen und das vermittelte Wissen zu nutzen, physikochemische Größen mathematisch zu bestimmen.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

Die Vorlesung vermittelt Grundlagen der Physikalischen Chemie. Es werden die chemische Kinetik und die chemische Thermodynamik für gleichgewichtsnahen Prozesse behandelt.

In der Kinetik werden die Themen Makro- und Mikrokinetik, Elementarreaktionen, die Reaktionsordnung und Molekularität, die Aktivierungsenergie und die Arrheniusgleichung, der Begriff der Katalyse sowie das Bodenstein'sche Quasistationaritätsprinzip behandelt. Dabei wird die quantitative, physikochemische Beschreibung von Reaktionen 0., 1. und 2. Ordnung sowie komplexere Kinetiken wie die der Folge- und Nebenreaktion, dem vorgelagerten Gleichgewicht sowie die Michaelis-Menten-Kinetik behandelt.

Die chemische Thermodynamik für gleichgewichtsnahen Prozesse führt hingegen u.a. Begriffe wie die innere Energie, die Enthalpie, die Entropie und das chemische Potential ein. Darauf aufbauend werden Reaktions- und Bildungsenthalpien und -entropien behandelt und die Maxwell-Gleichungen abgeleitet. Basierend auf den Begriffen des idealen Gases und der idealen Mischungen werden anschließend Phasenübergänge und -diagramme für binäre Systeme mit unterschiedlichen Eigenschaften diskutiert. Dies führt zur Beschreibung von Effekten wie der Siedepunkterhöhung, dem Raoult'schen Gesetz, dem Henry'schen Gesetz und der Clausius-Clapeyron-Gleichung.

In der Übung werden die Inhalte der Vorlesung auf konkrete Fragestellungen angewandt und so gefestigt.

In Ergänzung zur Vorlesung über Grundlagen der Physikalischen Chemie lernen die Studenten im physikalisch-chemischen Praktikum wichtige physikochemische Sachverhalte im Experiment kennen. Sie wenden dabei theoretisches Wissen aus Chemie und Physik an und erwerben Kenntnisse und Fertigkeiten bei der praktischen Durchführung von Laborexperimenten und zur Gewinnung und Beurteilung von Messdaten aus physikochemischen Experimenten. Neben Versuchen zur chemischen Thermodynamik werden auch Versuche zur Wechselwirkung von Stoffen und Strahlung, zu Elektrolyten und zur Kinetik chemischer Reaktionen durchgeführt.

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

Vorlesung: Tafel, Beamer, Videos, Simulationen

Übungsserien: Folien aus der Vorlesung, Übungszettel

### Literatur

G. Wedler und H.-J. Freund: Lehr- und Arbeitsbuch der Physikalischen Chemie, 2022, 7. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, ISBN: 978-3-527-34611-0

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Grundlagen Physikalische Chemie mit der Prüfungsnummer 240263 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 70% (Prüfungsnummer: 2400691)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 30% (Prüfungsnummer: 2400692)

#### Details zum Abschluss Teilleistung 1:

Die Prüfungsleistung wird schriftlich in Form einer 90 minütigen Klausur erbracht. In dieser soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und ohne Hilfsmittel die grundlegenden Prinzipien der physikalischen Chemie wiedergegeben und angewandt werden können.

#### Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Das Praktikum wird während des Semesters abgelegt und abgeschlossen. Die Bewertung des Praktikums erfolgt anhand der vorgelegten Protokolle. Das Praktikum besteht aus Antestaten, schriftlichen Versuchsauswertungen und Protokollen. Ein nicht bestandenenes Praktikum kann einmal wiederholt werden. Die Wiederholung umfasst dabei sowohl die Versuche mit den schriftlichen Versuchsauswertungen als auch die Protokolle.

#### Link zum Moodle-Kurs

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biotechnische Chemie 2021

Bachelor Mathematik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Physikalische Chemie

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen

Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200358

Prüfungsnummer: 240267

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Robert Geitner

Leistungspunkte: 10	Workload (h): 300	Anteil Selbststudium (h): 221	SWS: 7.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2429							
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	2 0 2						

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden verstehen nach der Vorlesung in den Grundzügen spezielle physikochemische Themenfelder mit besonderer Relevanz für die biotechnische Chemie. Sie sind mit Aspekten gleichgewichtsferner Systeme, heterogener Systeme und der Anwendung der physikalischen Chemie in ausgewählten Technologiefeldern vertraut. Die Studierenden sind in der Lage physikochemische Probleme in Experimenten und technologischen Fragestellungen zu erkennen und selbstständig Lösungswege zu erarbeiten. Nach dem Praktikum sind die Studierenden fähig, ihr Wissen in physikochemischen Versuche für Fortgeschrittene anzuwenden. Die Studenten sind fähig, physikochemische Experimente aufzubauen und durchzuführen, ihre Fähigkeiten schließen das Arbeiten mit einfachen mikrofluidischen Experimentanordnungen ein. Sie haben ihre Fertigkeiten in der Durchführung physikochemischer Messungen vertieft, können eine Einschätzung von systematischen und zufälligen Fehlern formulieren und die Bewertung und Interpretation von Messergebnissen vornehmen.

### Vorkenntnisse

Abschluß der Module "Grundlagen der Chemie", "Anorganische Chemie", "Experimentalphysik", "Grundlagen der Physikalischen Chemie"

### Inhalt

Das Modul umfasst 2 Vorlesungen, eine zur "Physikalischen Chemie" und eine zur "Biophysik". Zur "Physikalischen Chemie" gibt es eine Übung und ein Praktikum.

Inhalte der Vorlesung, der Übung und des Praktikums "Physikalischen Chemie":

Die Inhalte der "Physikalischen Chemie" schließen an die Vorlesung "Grundlagen der Physikalischen Chemie" an.

Im ersten Abschnitt lernen die Studierenden die quantenmechanische Beschreibung des freien Teilchens, dem Teilchen im Kasten und im Potentialtopf, dem Tunneleffekt, dem starren Rotator mit raumfester und raumfreier Achse sowie dem harmonischen und anharmonischen Oszillator kennen. Darauf aufbauend erfolgt dann die quantenmechanische Beschreibung von Atomorbitalen und die Kombination mehrerer Atomorbitale zu Molekülorbitalen mit Hilfe des "Linear Combination of Atomic Orbitals"-(LCAO)-Ansatzes.

Im zweiten Abschnitt lernen die Studierenden die Licht-Materie-Wechselwirkung und deren physikochemische Beschreibung kennen. Dies umfasst den Hertzschen Dipol, den Schwarzen Strahler und das Plancksche Strahlungsgesetz, den Welle-Teilchen-Dualismus des Lichtes sowie Fermis Goldene Regel und das Übergangsdipolmatrixelement. Darauf folgt dann die Anwendung der physikochemischen Grundlagen zur Herstellung eines Lasers sowie die Anwendung elektromagnetischer Strahlung für spektroskopische Zwecke. Dabei werden die Rotations-, die Schwingungs-, UV/Vis-, Fluoreszenz- und Kernmagnetresonanzspektroskopie grundlegend behandelt.

In der Übung werden die Inhalte durch Beispielaufgaben gefestigt und vertieft.

Im Praktikum werden physikochemische Versuche für Fortgeschrittene durchgeführt. Diese ergänzen den Lehrinhalt der Vorlesung "Physikalische Chemie". Die Studenten erwerben Kompetenzen im Aufbau und der Durchführung physikochemischer Experimente einschließlich des Arbeitens mit einfachen mikrofluidischen Experimentanordnungen. Sie vertiefen ihre Fertigkeiten in der Durchführung physikochemischer Messungen, in der Einschätzung von systematischen und zufälligen Fehlern und in der Bewertung und Interpretation von Messergebnissen. Die Lehrinhalte betreffen u.a. die molekulare Spektroskopie, Photochemie, gleichgewichtsferne Prozesse und disperse Systeme.

Am Ende sind die Studierenden in der Lage für die Chemie relevante quantenmechanische Systeme qualitativ und quantitativ zu beschreiben. Weiterhin sind sie mit den Grundlagen der Licht-Materie-Wechselwirkung vertraut und

können physikochemische Fragestellungen in diesem Zusammenhang analysieren und beantworten.

Inhalte der Vorlesung "Biophysik":

- Physik biologischer Systeme und Physikalische Methoden in der Biologie)
- Grundlagen der thermodynamischen Beschreibung von Systemen (Thermodynamische Potentiale und Gleichgewichte)
- Biologische Membranen und Membranbiophysik (Transportprozesse; Diffusion; Redoxprozesse; Ionengleichgewichte; Nernst-Planck-Gleichung; Elektrisch erregbare Membranen)
- Photobiophysik und Biophotonik (Fluoreszenz als Messmethode in den Life-Sciences; verschiedene Verfahren der Fluoreszenzmessung)
- Theoretische Biophysik (Kybernetik, Systemtheorie und Modellbildung)

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

Tafel, Beamer, Übungsseries, Webseite

Literatur

G. Wedler und H.-J. Freund: Lehr- und Arbeitsbuch der Physikalischen Chemie, 2022, 7. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, ISBN: 978-3-527-34611-0

P. W. Atkins et al.: Physikalische Chemie, 2022, 6. Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, ISBN: 978-3-527-34552-6

Adam, Läger, Stark "Physikalische Chemie und Biophysik", 5. Auflage, Springer Verlag

R. Cotterill "Biophysics - An Introduction" J. Wiley & Sons, 2002

Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Physikalische Chemie mit der Prüfungsnummer 240267 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 120 Minuten mit einer Wichtung von 70% (Prüfungsnummer: 2400699)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 30% (Prüfungsnummer: 2400700)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

Die Prüfungsleistung wird schriftlich in Form einer 90 minütigen Klausur erbracht. In dieser soll nachgewiesen werden, dass in begrenzter Zeit und ohne Hilfsmittel die Prinzipien der physikalischen Chemie wiedergegeben und angewandt werden können.

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Das Praktikum wird während des Semesters abgelegt und abgeschlossen. Die Bewertung des Praktikums erfolgt anhand der vorgelegten Protokolle. Das Praktikum besteht aus Versuchen mit schriftlichen Versuchsauswertungen und Protokollen. Ein nicht bestandenes Praktikum kann einmal wiederholt werden.

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=196>

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=202>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biotechnische Chemie 2021

Bachelor Mathematik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Technische Chemie

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

Modulnummer: 200364

Prüfungsnummer: 2400708

Modulverantwortlich: apl. Prof. Dr. Uwe Ritter

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2425							
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				4 0 0						

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Nach der Lehrveranstaltung haben die Studierenden Kenntnisse über die chemischen Grundlagen der im industriellen Maßstab durchgeführten Polymersynthesen und die wichtigsten Struktur-Eigenschafts-Beziehungen. Die Studierenden können funktionale Eigenschaften der unterschiedlichen Polymerwerkstoffe aus ihren molekularen und supramolekularen Strukturprinzipien erklären und sind in der Lage, Additive auszuwählen, um die strukturdeterminierten Basiseigenschaften der Polymere gezielt zu beeinflussen. Diese Grundkenntnisse nutzend ist es ihnen möglich, exemplarisch geeignete Polymersysteme zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Fragestellungen vorzuschlagen. Die Lehrveranstaltung vermittelt diesbezügliche Basiskompetenz. Das Modul Technische Chemie konnte grundlegende Kenntnisse und Konzepte der Reaktionstechnik und Stofftrenntechnik vermitteln. Die Studierenden sind somit in die Lage versetzt, das erworbene Wissen vielfältig im Labor und gegebenenfalls im größeren Maßstab anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der anorganischen und organischen Chemie

### Inhalt

#### 1. Grundbegriffe

[Monomer - Makromolekül - Struktur von Makromolekülen (Kohlenstoff, Konstitution, Konfiguration, Konformation) - Polymerwerkstoff]

#### 2. Natürliche und abgewandelte, natürliche Polymere

[Cellulose und Cellulosederivate; Stärke; Peptide, Proteine und Nukleinsäuren; Naturkautschuk]

#### 3. Synthetische Polymere - Polymersynthesen

[Polymerisate (Grundlagen, radikalische und ionische Polymerisationen, Polyinsertion, Metathese, Copolymerisation) - Polykondensate (Grundlagen, Polyester, PC, LCP, UP- und Alkydharze, Polyamide, Polyimide, S-haltige Polymere, Polyaryletherketone, Formaldehyd-Harze, Si-haltige Polymere) - Polyaddukte (Grundlagen, Polyurethane, Epoxid-Harze)]

#### 4. Chemische Reaktionen an Polymeren

[Polymeranaloge Reaktionen; Vernetzungsreaktionen; Abbaureaktionen, Polymerdegradation]

#### 5. Additive, Hilfsstoffe und Füllstoffe

[Antioxidantien; Lichtschutzmittel; Gleitmittel; Weichmacher, Füllstoffe, Schlagzähmodifizier, Antistatika; Flammenschutzmittel, Antimikrobiale, etc.]

#### 6. Eigenschaften von Polymerwerkstoffen

{Thermische Eigenschaften [ $T_g$  &  $T_m = f(\text{Struktur})$ , Rheologie] - Mechanische Eigenschaften [ $SDV = f(\text{Struktur})$ , Viskoelastizität] - Elektrische, optische, akustische, thermische, Permeabilität und chemische Eigenschaften}

#### 7. Aktuelle Aspekte der Polymerwerkstoff - Forschung

[Naturfaserverstärkte Polymerwerkstoffe und Wabenverbunde; Synthesefasercompounds und Nanocomposites; Funktionswerkstoffe auf Cellulosebasis; Funktionspolymersysteme für Polymerelektronik, Photovoltaik und Aktuatorik]

Die Vorlesung Technische Chemie vermittelt die Grundlagen zur Reaktionstechnik und zur Stofftrenntechnik. Den Studierenden wird damit die Möglichkeit gegeben, sich Kenntnisse über Bilanzbetrachtungen und Reaktortypen und das Phänomen der Katalyse zu erwerben.

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

Vorlesungsskript, Tafel / Whiteboard, Folien, Computer Demo + "Beamer"

### Literatur

- Bernd Tieke "Makromolekulare Chemie - Eine Einführg." Wiley-VCH-Verlag; 1997; 3-527-29364-7
  - Hans-Georg Elias "Polymere - Von Monomeren und Makromolekülen zu Werkstoffen" Hüthig & Wepf, Zug, Heidelberg, Oxford, CT/USA, 1996, 3-85739-125-1
  - Hans-Georg Elias "An Introduction to Plastics" Wiley-VCH-Verlag; 2003; 3-527-29602-6
  - Lehrbücher Technische Chemie
- Heyn, Hipler, Kreisel u.w. , Anorganische Synthesechemie, Springer Lehrbuch

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Biotechnische Chemie 2021

Bachelor Mathematik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Physik 2023

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung AT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung BT

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB

## Adaptive Regelung

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

Fachnummer: 200430 Prüfungsnummer: 2400782

Fachverantwortlich: 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 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 Funnel) für skalare Systeme. Charakterisierungen von strukturellen Systemeigenschaften multivariabler Systeme: Relativgrad, Nulldynamik. Verschiedene adaptive Regler (konventionell,  $\lambda$ - und Funnel) 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

### Detaillangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Globale Optimierung

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

Fachnummer: 200449      Prüfungsnummer: 2400801

Fachverantwortlich: 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Numerik partieller Differentialgleichungen

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 200417

Prüfungsnummer: 2400769

Fachverantwortlich: 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Numerische Verfahren der konvexen Optimierung

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

Fachnummer: 200445      Prüfungsnummer: 2400797

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Gabriele Eichfelder

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 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			
	2	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Den Studierenden wurde in der Vorlesung und Übung sowohl der vertiefende Charakter im Vergleich z.B. zur Grundlagenveranstaltung "Optimierung", als auch der hier stärker ausgeprägte numerische Aspekt der Veranstaltung bewusst. Im Verlauf der Vorlesung lernten sie dabei tiefergehende mathematische Ansätze für die numerische Behandlung von Problemstellungen der unrestringierten und restringierten Optimierung anhand von ausgewählten Verfahren (einschließlich der dafür beweisbaren mathematischen Aussagen beispielsweise hinsichtlich der Konvergenzgeschwindigkeit) kennen und zu verstehen. Weiterhin sind die Studierenden in die Lage versetzt, die verschiedenen vorgestellten Verfahren untereinander beispielsweise hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile oder auch ihrer praktisch relevanten Grenzen zu klassifizieren bzw. zu vergleichen. In der Übung konnten diese gewonnenen Erkenntnisse angewendet werden, um beispielsweise ergänzende theoretische Untersuchungen zu vollziehen, die Verfahren softwaretechnisch zu implementieren sowie diese Implementierungen vergleichend auf hinlänglich bekannte und akzeptierte Testinstanzen anzuwenden. Ein wichtiger Bestandteil dieser vorgenommenen Betrachtungen war der Vergleich und die anschließende kritische Bewertung der erhaltenen Ergebnisse durch die Studierenden. Sie sind durch die Übungen auch befähigt Anmerkungen zu beachten und Kritik zu würdigen. Das in dieser Vorlesung erlangte Wissen bildet somit einen wichtigen Grundstock für weitergehende Betrachtungen und Untersuchungen hinsichtlich numerischer Verfahren der unrestringierten und restringierten Optimierung, beispielsweise im Rahmen von Abschlussarbeiten oder auch Forschungsprojekten. Die Studierenden sind darüber hinaus in die Lage versetzt, in ihrer beruflichen Praxis die kennengelernten Verfahren erfolgsorientiert in Kooperation mit Kollegen anderer Fachgebiete anzuwenden und die Ergebnisse in ihrem späteren beruflichen Umfeld mit der notwendigen mathematischen Kompetenz zu untermauern.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse der Optimierung

### Inhalt

numerische Verfahren der kontinuierlichen unrestringierten und restringierten konvexen Optimierung wie Quasi-Newton-Verfahren, Trust-Region-Verfahren, SQP-Verfahren

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

Tafel, Beamer, Computer

### Literatur

- C. Geiger und C. Kanzow, Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben (Springer, Berlin, 1999).
- C. Geiger und C. Kanzow, Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben (Springer, Berlin, 2002).
- F. Jarre und J. Stoer, Optimierung (Springer, Berlin, 2004).

### Detaillangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4725>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Stochastische Prozesse

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

Fachnummer: 200450 Prüfungsnummer: 2400802

Fachverantwortlich: 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Bayesianische Daten Assimilation

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

Fachnummer: 201204      Prüfungsnummer: 2400898

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jana de Wiljes

Leistungspunkte: 10	Workload (h): 300	Anteil Selbststudium (h): 232	SWS: 6.0
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2414

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 sind nach Abschluss dieses Modules in der Lage sein, die Grundlagen der Bayesianischen Sequentiellen Zustands- und Parameterschätzung umfassend zu verstehen. Hierzu zählt nicht nur ein klares Verständnis der mathematischen Herleitungen der gängigen Standardmethoden wie Filter und Smoother in der Data Assimilation, sondern auch die Fähigkeit zur Analyse ihrer Stabilität und ihres Langzeitverhaltens.

Darüber hinaus sind die Studierenden befähigt, eigenständig gängige sequentielle Filter-Algorithmen zu implementieren. Diese Kenntnisse können sie anschließend auf vereinfachte Beispielszenarien aus Bereichen wie Meteorologie, personalisierte Medizin und Weltraumwetter anwenden.

Am Ende des Kurses können die Studierenden nicht nur die Theorie verstehen, sondern haben auch praktische Fertigkeiten entwickelt, um diese Konzepte in realen Anwendungen anzuwenden. Dieser Kurs bietet somit eine umfassende Vorbereitung auf eigenständige Forschung im Bereich Bayesianischer Inverser Probleme.

Upon completion of this course, students will be able to thoroughly comprehend the fundamentals of Bayesian Sequential State and Parameter Estimation. This encompasses not only a clear understanding of the mathematical derivations of common standard methods such as filters and smoothers in Data Assimilation, but also the ability to analyze their stability and long-term behavior.

Furthermore, students will be equipped to independently implement prevalent sequential filtering algorithms. They can subsequently apply these skills to simplified example scenarios from domains such as meteorology, personalized medicine, and space weather.

By the end of the course, students will not only grasp the theory but also have developed practical skills to apply these concepts in real-world applications. As such, this course offers comprehensive preparation for independent research in the realm of Bayesian Inverse Problems.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis, Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Python Programmierung oder Matlab Programmierung

### Inhalt

#### 1. Einführung in Datenassimilation und Filtermethoden in vielfältigen Anwendungsbereichen

Die Datenassimilation ist eine faszinierende interdisziplinäre Disziplin, die es ermöglicht, Modelle und Beobachtungsdaten zu verschmelzen, um präzise Schätzungen von Zuständen oder Prozessen zu erzielen. In diesem Kurs werden wir mit fesselnden Beispielen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen wie der Medizin, Klimaforschung und Weltraumwettervorhersagen starten. Wir befassen uns mit der Aktualisierung der essenziellen Grundlagen in den Bereichen Statistik, Stochastik, Numerik und dynamischen Systemen. Anschließend werden wir die mathematische Herleitung von Standardfiltern wie dem Kalman-Filter, Particle Filter, Ensemble Kalman-Filter, variationellen Methoden und Smoothern untersuchen.

## 2. Ausführliche algorithmische Studien und Implementierung anhand von Toy-Modellen

Wir werden uns eingehend mit der Implementierung von Methoden auseinandersetzen und eigenständig Toy-Modelle verschiedenster Art erstellen. Dies ermöglicht es uns, ein tieferes Verständnis für die Funktionsweise der Methoden zu entwickeln und sie in einem kontrollierten Umfeld praktisch anzuwenden.

## 3. Analysen zur Stabilität und Langzeitverhalten der vorgestellten Methoden

Wir werden gründliche Analysen zur Stabilität und zum Langzeitverhalten der vorgestellten Methoden durchführen. Dies ist von entscheidender Bedeutung, um das Verhalten der Methoden über verschiedene Zeiträume und unter verschiedenen Bedingungen zu verstehen.

## 4. Erweiterungen der Standardfilter wie hierarchische Algorithmen oder hybride Filtermethoden

Darüber hinaus werden wir uns mit Erweiterungen der Standardfilter beschäftigen, zum Beispiel mit hierarchischen Algorithmen oder hybriden Filtermethoden. Diese Fortentwicklungen erlauben es, die Leistungsfähigkeit der Filter in komplexen Szenarien noch weiter zu optimieren.

## 1. Introduction to Data Assimilation and Filtering Methods in Diverse Application Areas

Data assimilation is a fascinating interdisciplinary field that enables the fusion of models and observational data to achieve accurate estimations of states or processes. In this course, we will commence with captivating examples from various application domains such as medicine, climate research, and space weather forecasting. We will delve into refreshing the essential fundamentals in areas including statistics, stochastic processes, numerical methods, and dynamic systems. Subsequently, we will explore the mathematical derivation of standard filters such as the Kalman filter, particle filter, ensemble Kalman filter, variational methods, and smoothers.

## 2. Comprehensive Algorithmic Studies and Implementation Using Toy Models

We will thoroughly engage in the implementation of methods and independently create toy models of various kinds. This will enable us to develop a deeper understanding of the functioning of these methods and practically apply them in a controlled environment.

## 3. Analyses of Stability and Long-Term Behavior of Presented Methods

We will conduct thorough analyses of the stability and long-term behavior of the introduced methods. This is of paramount importance in comprehending the behavior of the methods across different timeframes and under various conditions.

## 4. Extensions of Standard Filters, Such as Hierarchical Algorithms or Hybrid Filter Methods

Moreover, we will delve into extensions of standard filters, including hierarchical algorithms or hybrid filter methods. These advancements allow for further optimization of the filters' performance in complex scenarios.

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

Beamer, Aufgaben, Slides, jupyter notebooks, persönlicher Rechner mit Python oder Matlab um Programmiereteil der Übungsaufgaben zu bearbeiten

## Literatur

1. Probabilistic Forecasting and Bayesian Data Assimilation von Sebastian Reich und Colin Cotter, Cambridge University Press

2. Data Assimilation: A Mathematical Introduction von Kody Law, Andrew Stuart und Konstantinos Zygalakis, Springer

3. Bayesian Filtering and Smoothing von Simo Särkkä, Cambridge University Press

4. An Introduction to Sequential Monte Carlo von Nicolas Chopin und Omiros Papaspiliopoulos, Springer

[Detailangaben zum Abschluss](#)

[Link zum Moodle-Kurs](#)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Differentiell-algebraische Gleichungen und Systemtheorie

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

Fachnummer: 201168      Prüfungsnummer: 2400892

Fachverantwortlich: 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			

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen grundlegenden Kenntnisse zur Lösungstheorie differentiell-algebraischer Gleichungen (Index, konsistente Anfangswerte, Normalformen) für Systeme, die durch differentiell-algebraische Gleichungen beschrieben werden, und haben systemtheoretische Kenntnisse über Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit und Zustandsreglerentwurf solcher Systeme. Sie sind mit typischen Anwendungen aus Mechanik und Elektrotechnik vertraut. Nach den Übungen können die Studierenden typische Aussagen im Themengebiet der Vorlesung beweisen und in der Lage, die erlernten Verfahren in einfachen Fällen anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra und Analysis

### Inhalt

Grundlagen differentiell-algebraischer Gleichungen, Index, konsistente Anfangswerte, Kronecker- und Weierstraß-Normalform, Modellierung elektrischer Schaltungen und mechanischer Mehrkörpersysteme, Stabilität, Steuerbarkeit, Stabilisierung durch Rückkopplung, Beobachtbarkeit, Beobachter und dynamische Regler, linear-quadratische Optimalsteuerung

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

Tafel

### 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:

Bachelor Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Geometrie

Fachabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min

Art der Notengebung: Gestufte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Sommersemester

Fachnummer: 200456

Prüfungsnummer: 2400808

Fachverantwortlich: 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 haben einen Überblick über klassische und moderne Geometrien und können diese beschreiben, mit ihnen umgehen und sie in Beziehung setzen.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse in Analysis und (insbesondere linearer) Algebra

### Inhalt

Euclidische Geometrie inkl. Axiomatik und Konstruktionsproblemen, nichteuclidische Geometrie, projektive Geometrie, metrische Geometrie

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

Tafel, Skript, Aufgaben, Software, geometrische Objekte

In den Jahren, in denen das Modul nicht angeboten wird, werden bei Bedarf Lehrmaterialien zur Verfügung gestellt und Konsultationen angeboten.

### Literatur

Hartshorne, R. (2000). Geometry: Euclid and beyond. Springer, New York, NY.

Klein, Felix (1908). Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus; Teil I: Arithmetik, Algebra, Analysis. B. G. Teubner, Leipzig.

Richter-Gebert, J. (2011). Perspectives on Projective Geometry. Springer, Berlin.

Benz, W. (2012). Classical Geometries in Modern Contexts. 3. Aufl., Birkhäuser, Basel.

Scriba, C. J., Schreiber, P. (2010). 5000 Jahre Geometrie. 3. Aufl., Springer, Heidelberg.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3554>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Technische Physik 2023

Master Informatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Matroidtheorie

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 200440

Prüfungsnummer: 2400792

Fachverantwortlich: 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 Grundkenntnisse der Theorie finitärer Matroide. Sie wissen wie Matroide als Verallgemeinerung von aus den Vorlesungen über Graphentheorie und Linearer Algebra bekannten Begriffen aufgefasst werden können und verstehen den Zusammenhang zwischen Matroiden und Kombinatorischen Optimierungsproblemen. Nach den Übungen sind die Studierenden fähig, die in der Vorlesung erlernten Begriffe und Methoden auf konkrete Beispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra 1/2, Algebra, Graphen & Algorithmen

### Inhalt

I. Axiomatik finitärer Matroide II. Anwendungen III. Darstellung von Matroiden über Körpern.  
Eine schöne Ergänzung zur Graphentheorie, aber auch für Freunde der Algebra interessant.

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

Tafel und Skript

### Literatur

Die einschlägigen Lehrbücher von Oxley und Walsh, mein Skript zur Vorlesung

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modellprädiktive Regelung

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

Sprache: Deutsch/Englisch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 200416

Prüfungsnummer: 2400768

Fachverantwortlich: 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	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 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Sequenzielle Entscheidungsprozeduren

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

Sprache: Deutsch/Englisch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Fachnummer: 201205

Prüfungsnummer: 2400899

Fachverantwortlich: Prof. Dr. Jana de Wiljes

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften			Fachgebiet: 2414							
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

Nach Abschluss dieses Kurses können die Studierenden die Grundlagen des Sequenziellen Lernens umfassend zu begreifen. Sie sind in der Lage, mathematische Abschätzungen von Schranken für den durchschnittlichen Verlust mithilfe gängiger Standardmethoden für Bandit-Probleme eigenständig herzuleiten.

Des Weiteren sind die Studierenden dazu befähigt, verbreitete Algorithmen aus dem Bereich des Verstärkungslernens, wie beispielsweise Q-Learning und Monte Carlo Tree Search, eigenständig zu implementieren und auf Anwendungsdaten aus verschiedensten Bereichen wie Vorschlagssysteme, Spiele, autonomes Fahren, Medizin und Finanzwesen anzuwenden. Dadurch bietet dieser Kurs eine solide Grundlage für eigenständige Forschung im Bereich des Sequenziellen Lernens.

Upon completing this course, students will be capable of comprehensively grasping the fundamentals of Sequential Learning. They will have the ability to independently derive mathematical estimations of bounds for average loss using common standard methods for bandit problems.

Furthermore, students will be empowered to autonomously implement prevalent algorithms from the realm of reinforcement learning, such as Q-Learning and Monte Carlo Tree Search, and apply them to application data from diverse fields like recommendation systems, gaming, autonomous driving, medicine, and finance. Thus, this course provides a sturdy foundation for independent research in the domain of Sequential Learning.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der Analysis, Lineare Algebra, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Python Programmierung oder Matlab Programmierung

### Inhalt

Wir beginnen mit einer inspirierenden Einführung, in der bedeutende Anwendungsbeispiele für das sequenzielle Lernen und Entscheidungsfindung im Kontext von Unsicherheiten erläutert werden. Viele dieser Beispiele werden uns während des gesamten Kurses begleiten und als Brücken zur realen Welt dienen. Nach einer kurzen Auffrischung der fundamentalen Konzepte der Statistik, Stochastik, linearen Algebra und Numerik, tauchen wir in die Problematik stochastischer multivariater Bandit-Probleme ein. Wir befassen uns ausführlich mit einer Vielfalt von Algorithmen, die diskutiert und auf verschiedene Datensätze angewendet werden. Anschließend erfolgt eine theoretische Vertiefung der besprochenen Algorithmen.

Im zweiten Teil des Seminars gehen wir zu allgemeineren Markov Decision Processes über und erörtern modernste Verstärkungslernalgorithmen, die mathematisch hergeleitet werden. Des Weiteren stellen wir etablierte Implementierungen wie Alpha Go/Zero vor und führen dazu Diskussionen. Zum Abschluss des Kurses werden alle Studierenden ein kleines Anwendungsprojekt erhalten.

We commence with an inspiring introduction where significant application examples of sequential learning and decision-making within the context of uncertainties are elucidated. Many of these examples will accompany us throughout the entire course, serving as bridges to the real world. Following a brief review of fundamental concepts in statistics, stochastic processes, linear algebra, and numerical methods, we delve into the intricacies of stochastic multivariate bandit problems. We extensively explore a variety of algorithms (e.g., UCB, Thompson Sampling) that are discussed and applied to diverse datasets. Subsequently, a theoretical deepening of the discussed algorithms ensues.

In the second part of the seminar, we transition to more general Markov Decision Processes and discuss state-of-the-art reinforcement learning algorithms that are derived. Furthermore, we introduce established implementations such as Alpha Go/Zero and engage in discussions surrounding them. To conclude the course, all students will be assigned a minor application project.

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

Beamer, Aufgaben, Slides, jupyter notebooks, persönlicher Rechner mit Python oder Matlab um Programmiereteil der Übungsaufgaben zu bearbeiten

Literatur

T. Lattimore and C. Szepesvari (2010) Bandit Algorithms Cambridge

University Press

P. Auer, N. Cesa-Bianchi and P. Fischer (2002) Finite-time Analysis of the Multiarmed Bandit Problem. Machine Learning, 47, 23556

T. Lai and H. Robbins (1985) Asymptotically efficient adaptive allocation rules. Advances in Applied Mathematics, 6(1) :42.

Sean Meyn (2022) Control Systems and Reinforcement Learning

Dimitri P. Bertsekas (2023) A Course in Reinforcement Learning, Athena Scientific

Dimitri P. Bertsekas (2019) Reinforcement Learning and optimal Control, Athena Scientific

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Spezielle Themen der Algebra

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

Sprache: Deutsch

Pflichtkennz.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 200459

Prüfungsnummer: 2400811

Fachverantwortlich: 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 in ausgewählten Teilgebieten der Algebra. Sie konnten dabei ihr in den Modulen Lineare Algebra I/II und Algebra erworbenes Wissen über typische Methoden der Algebra erweitern und sind somit befähigt, anspruchsvollere algebraische Sachverhalte zu verstehen. Nach den Übungen sind die Studierenden in der Lage, die in der Vorlesung erlernten Begriffe und Methoden auf konkrete Beispiele anzuwenden.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra 1/2 sowie Algebra.

### Inhalt

Theorie und Anwendungen Endlicher Körper:

1. Grundlagen Endlicher Körper (Existenz & Eindeutigkeit, Struktur, Polynome, ...)
2. Endliche Körper in verschiedenen kombinatorischen Strukturen (Endliche Geometrien, Lateinische Quadrate, Blockdesigns, Hadamard-Matrizen)
3. Anwendungen endlicher Körper in zeitdiskreten linearen Systemen, Codierungstheorie, Kryptographie

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

### Tafel

### Literatur

"Finite fields and applications", G. L. Mullen und C. Mummert, Student Mathematical Library, AMS, 2007.

"Finite Fields", R. Lidl und H. Niederreiter, Cambridge University Press, 1997.

"Introduction to finite fields and their applications", R. Lidl und H. Niederreiter, Cambridge University Press, 1994.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## 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:

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: Large Networks & Random Graphs

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch/Englisch Pflichtkennz.: 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: Mathematik der Data Science

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

Modulnummer: 200475 Prüfungsnummer: 2400827

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 haben nach der Vorlesung einen guten Überblick über die Grundlagen und Methoden der Data Science. Sie kennen Vor- und Nachteile der jeweiligen mathematischen Verfahren zur Datenanalyse von verschiedenen Problemen, sowie deren theoretische und experimentelle Grundlagen. Die Studierenden kennen verschiedene Datenmodelle und deren Anwendungsmöglichkeiten, sie sind nach den Übungen in der Lage, für ein Anwendungsproblem ein passendes Modell auszuwählen, dieses methodisch zu untersuchen, Algorithmen dafür zu entwickeln und darauf anzuwenden. Die Studierenden kennen Verbindungen der Data Science zu den einzelnen Gebieten der Mathematik und der Theoretischen Informatik und deren Relevanz. Sie sind in der Lage, aktuelle Forschungsarbeiten zu lesen und die Ergebnisse zu präsentieren. Sie beachten dabei Anmerkungen und können Kritik würdigen.

### Vorkenntnisse

Lineare Algebra und Analysis, (elementare) Stochastik

### Inhalt

Clustering, Compressed Sensing, Dimensionsreduktionstechniken, Machine Learning, Deep Learning, randomisierte Algorithmen, zufällige Matrizen und Modelle, Konzentrationsungleichungen

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

Tafel, Computerpräsentation, Aufgaben

### Literatur

- A. S. Bandeira, Ten Lectures and Forty-Two Open Problems in the Mathematics of Data Science, Vorlesungsskript, 2016
- A. Blum, J. Hopcroft und R. Kannan, Foundations of Data Science, Cambridge University Press 2020
- I. Goodfellow, Y. Bengio und A. Courville, Deep Learning, MIT Press 2016
- R. Vershynin, High-Dimensional Probability (An Introduction with Applications in Data Science), Cambridge University Press 2018

### 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

## Modul: Numerische Verfahren der konvexen Optimierung

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

Modulnummer: 200445 Prüfungsnummer: 2400797

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Gabriele Eichfelder

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 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			
							2	1	0																											

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Den Studierenden wurde in der Vorlesung und Übung sowohl der vertiefende Charakter im Vergleich z.B. zur Grundlagenveranstaltung "Optimierung", als auch der hier stärker ausgeprägte numerische Aspekt der Veranstaltung bewusst. Im Verlauf der Vorlesung lernten sie dabei tiefergehende mathematische Ansätze für die numerische Behandlung von Problemstellungen der unrestringierten und restringierten Optimierung anhand von ausgewählten Verfahren (einschließlich der dafür beweisbaren mathematischen Aussagen beispielsweise hinsichtlich der Konvergenzgeschwindigkeit) kennen und zu verstehen. Weiterhin sind die Studierenden in die Lage versetzt, die verschiedenen vorgestellten Verfahren untereinander beispielsweise hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile oder auch ihrer praktisch relevanten Grenzen zu klassifizieren bzw. zu vergleichen. In der Übung konnten diese gewonnenen Erkenntnisse angewendet werden, um beispielsweise ergänzende theoretische Untersuchungen zu vollziehen, die Verfahren softwaretechnisch zu implementieren sowie diese Implementierungen vergleichend auf hinlänglich bekannte und akzeptierte Testinstanzen anzuwenden. Ein wichtiger Bestandteil dieser vorgenommenen Betrachtungen war der Vergleich und die anschließende kritische Bewertung der erhaltenen Ergebnisse durch die Studierenden. Sie sind durch die Übungen auch befähigt Anmerkungen zu beachten und Kritik zu würdigen. Das in dieser Vorlesung erlangte Wissen bildet somit einen wichtigen Grundstock für weitergehende Betrachtungen und Untersuchungen hinsichtlich numerischer Verfahren der unrestringierten und restringierten Optimierung, beispielsweise im Rahmen von Abschlussarbeiten oder auch Forschungsprojekten. Die Studierenden sind darüber hinaus in die Lage versetzt, in ihrer beruflichen Praxis die kennengelernten Verfahren erfolgsorientiert in Kooperation mit Kollegen anderer Fachgebiete anzuwenden und die Ergebnisse in ihrem späteren beruflichen Umfeld mit der notwendigen mathematischen Kompetenz zu untermauern.

### Vorkenntnisse

Grundkenntnisse der Optimierung

### Inhalt

numerische Verfahren der kontinuierlichen unrestringierten und restringierten konvexen Optimierung wie Quasi-Newton-Verfahren, Trust-Region-Verfahren, SQP-Verfahren

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

Tafel, Beamer, Computer

### Literatur

- C. Geiger und C. Kanzow, Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben (Springer, Berlin, 1999).
- C. Geiger und C. Kanzow, Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben (Springer, Berlin, 2002).
- F. Jarre und J. Stoer, Optimierung (Springer, Berlin, 2004).

### Detaillangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4725>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 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 tiefergehenden 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: Zeitreihenanalyse

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 30 min      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch      Pflichtkenn.: 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: 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	P			
				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: 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	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
- 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:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Technische Kybernetik und Systemtheorie 2021

## Modul: Data Science: Grundlagen

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

Modulnummer: 200041 Prüfungsnummer: 2200686

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Kai-Uwe Sattler

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2254

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

Nach Besuch dieser Vorlesung sind die Studierenden mit grundlegenden Methoden der Auswertung und Analyse großer Datenbestände vertraut. Sie kennen Verfahren zur Vorbereitung und Bereinigung von Daten und können Standardverfahren aus den Bereichen Data Mining/Machine Learning und OLAP anwenden. Weiterhin sind sie mit grundlegenden Verfahren der Textanalyse und der Analyse von Graphdaten vertraut. Mit den Übungen können die Studierenden Standardwerkzeuge zur Analyse und Verarbeitung von Daten (Datenbanken, Data Warehouses, interaktive Notebooks) praktisch anwenden. Sie sind in der Lage, eigene Lösungen zu gestellten Aufgaben zu präsentieren, sich an themenspezifischen Diskussionen zu beteiligen und sind bereit, Fragen zu beantworten.

### Vorkenntnisse

Vorlesung Datenbanksysteme

### Inhalt

Arten von Daten, Datenanalyseprozess; Datenvorverarbeitung und -bereinigung; OLAP; Grundlagen des Data Mining/Machine Learning; ausgewählte Verfahren; Textanalyse, Graphanalyse; Rechtliche Aspekte und Datenschutz; Systeme und Werkzeuge zur Datenanalyse (SQL, Jupyter, Tensorflow)

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

Vorlesung mit Präsentationen und Tafel, Handouts, Moodle

### Literatur

- Saake, Sattler, Heuer: Datenbanken - Konzepte und Sprachen, 6. Auflage, mitp-Verlag, 2018.
- VanderPlass: Data Science mit Python, mitp-Verlag, 2017.
- Kumar, Steinbach, Tan: Introduction to Data Mining, Addison-Wesley, 2005.
- Han, Kamber, Pei: Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann, 2011.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4646>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021
- Bachelor Informatik 2021
- Bachelor Ingenieurinformatik 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: Data Science: Methoden und Techniken

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

Modulnummer: 200042 Prüfungsnummer: 2200687

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Kai-Uwe Sattler

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2254

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

Nach Besuch dieser Veranstaltung sind die Studierenden mit fortgeschrittenen Methoden zur Auswertung und Analyse großer Datenbestände vertraut. Sie verstehen Data-Mining-/Machine Learning-Verfahren zur Analyse klassischer relationaler Geschäftsdaten als auch von raum- bzw. zeitbezogenen Daten, Graph- und Textdaten. Weiterhin kennen sie Prinzipien verteilter und paralleler Architekturen inkl. Data Warehouses und moderner Big-Data-Plattformen zur Verwaltung und Analyse sehr großer Datenbestände. Die Studierenden können die zugrundeliegenden Methoden sowie die technischen Aspekte erklären und hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile für verschiedene Einsatzzwecke bewerten.

Mit den Übungen können die Studierenden Standardwerkzeuge (Datenbanken, Data Warehouses, interaktive Notebooks) anhand konkreter Aufgabenstellungen zur Datenanalyse praktisch anwenden. Sie können eigene Lösungen entwickeln, bewerten und diese präsentieren, können sich an themenspezifischen Diskussionen beteiligen und sind bereit, Fragen zu beantworten.

### Vorkenntnisse

Datenbanksysteme, Statistik, Programmierkenntnisse

### Inhalt

Datenanalysepipeline; Big-Data-Architekturen; Data Warehousing und OLAP; Data-Mining-Techniken: Clustering, Frequent Itemset Mining; Analyse von Graph-Daten (Mustersuche in Graphen, Erkennen von Communities, Erkennung häufiger Subgraphen), Mining raum-zeitbezogener Daten (Sequential Pattern Mining, Trajectory Mining); NLP und Text Mining: Relationship-Extraktion, Word Sense Disambiguation, Named Entity Recognition; Sentiment Analyse; Parallelisierung und Verteilung: Partitionierungstechniken, datenparallele Verarbeitung

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

Vorlesung mit Präsentationen und Tafel, Handouts,

### Literatur

Köppen, Saake, Sattler: Data Warehouse Technologien: Technische Grundlagen, mitp-Verlag, 2012.  
 Kumar, Steinbach, Tan: Introduction to Data Mining, Addison Wesley, 2005.  
 Lehner, Sattler: Web-Scale Data Management for the Cloud, Springer, 2013.  
 Rahm, Saake, Sattler: Verteiltes und Paralleles Datenmanagement, Springer, 2015.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3482>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Informatik 2013  
Master Informatik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2014  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medieningenieurwissenschaften 2023  
Master Medientechnologie 2017  
Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: Datenbanksysteme

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200038

Prüfungsnummer: 220440

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Kai-Uwe Sattler

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2254							
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 dem Besuch dieser Veranstaltung können die Studentierenden Datenbanksysteme anwenden. Sie kennen die Schritte des Entwurfs von Datenbanken und können die relationale Entwurfstheorie beschreiben. Weiterhin können sie deklarative Anfragen in SQL sowie in formalen Sprachen (Relationenalgebra, Anfragekalkül) formulieren und diese Kenntnisse auf eigene Problemstellungen anwenden.

Die Studierenden sind in der Lage, gegebene praktische Fragestellungen zu analysieren, im ER-Modell zu modellieren und in einer relationalen Datenbank mit Integritätsbedingungen abzubilden sowie SQL zur Anfrageformulierung zu nutzen.

Mit den Übungen können die Studierenden eigene Lösungen zu gestellten Aufgaben präsentieren, sich an themenspezifischen Diskussionen beteiligen und sind bereit, Fragen zu beantworten.

Durch das zugehörige Praktikum können die Studierenden eigene Datenbanken entwerfen, in einem realen Datenbanksystem implementieren sowie darauf SQL-Anfragen zu konkreten Problemstellungen entwickeln.

### Vorkenntnisse

Vorlesung Programmierung und Algorithmen

### Inhalt

Grundbegriffe von Datenbanksystemen; Phasen des Datenbankentwurfs, Datenbankentwurf im Entity-Relationship-Modell, Relationaler Datenbankentwurf, Entwurfstheorie, Funktionale Abhängigkeiten und Normalformen; Grundlagen von Anfragen: Algebra und Kalküle; SQL: relationaler Kern und Erweiterungen, rekursive Anfragen mit SQL; Transaktionen und Integritätssicherung; Sichten und Zugriffskontrolle; NoSQL-Systeme: Datenmodelle und Anfragesprachen

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

Flipped Classroom-Veranstaltung mit Screencasts; Plenum-Veranstaltung mit Tafel, Handouts, Moodle

### Literatur

Saake, Sattler, Heuer: Datenbanken - Konzepte und Sprachen, 6. Auflage, mitp-Verlag, 2018.

### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Datenbanksysteme mit der Prüfungsnummer 220440 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 100% (Prüfungsnummer: 2200681)
- Studienleistung mit einer Wichtung von 0% (Prüfungsnummer: 2200682)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

Datenbank Praktikum

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Ingenieurinformatik 2021

Bachelor Mathematik 2021

Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023

Bachelor Medientechnologie 2013

Bachelor Medientechnologie 2021

Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Deep Learning

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Englisch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: ganzjährig

Modulnummer: 200131	Prüfungsnummer: 220488
---------------------	------------------------

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Patrick Mäder

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2252

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

Professional competence gained through lectures and examined through written exam:

- Students have knowledge about theoretical foundations of deep neural networks.
- Students have knowledge about CNN architectures and their applications.
- Students have knowledge about architectures for sequence modeling and their applications.

Methodological competence gained through seminars and examined through aPI (assignments):

- Students gained the ability to implement and apply a variety of deep learning algorithms.
- Students gained the ability to evaluate and troubleshoot deep learning models.
- Students gained the ability to use computational resources for training and application of deep learning models.

Social competence gained through lectures and seminars:

- Students gained insights in ethical aspects of machine learning (e.g., bias, autonomous driving) through discussions in lectures and seminars.
- Students can discuss advantages and disadvantages of different deep learning approaches among each other and with their lecturers and gained professionalism in mastering discussions beyond their mother tongue.
- Students learn to discuss and solve a scientific problem in a team of peers

### Vorkenntnisse

- basic programming skills in Python
- basic understanding of machine learning preferable

### Inhalt

Deep learning has recently revolutionized a variety of application like speech recognition, image classification, and language translation mostly driven by large tech companies, but increasingly also small and medium-sized companies aim to apply deep learning techniques for solving an ever increasing variety of problems. This course will give you detailed insight into deep learning, introducing you to the fundamentals as well as to the latest tools and methods in this rapidly emerging field.

Deep learning thereby refers to a subset of machine learning algorithms that analyze data in succeeding stages, each operating on a different representation of the analyzed data. Specific to deep learning is the ability to automatically learn these representations rather than relying on domain expert for defining them manually.

The course will teach you the theoretical foundations of deep neural networks, which will provide you with the understanding necessary for adapting and successfully applying deep learning in your own to implement, parametrize and apply a variety of deep learning (CNNs) as well as recurrent neural networks (RNNs) and transformers for image, text, and time series analysis. You will further become familiar with advanced data science tools and in using computational resources to train and apply deep learning models.

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

- Presentations
- Assignments including code stubs
- Jupyter cloud services (personal computer required)
- All material will be shared via Moodle, accessible [HERE]

#### Technical Requirements

- personal computer required for all seminars and assignments
- ... with access to moodle.tu-ilmenau.de
- ... with access to colab.google.com

#### Literatur

- Deep Learning: Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, MIT Press (2016)
- Pattern Recognition and Machine Learning: Christopher M. Bishop, Springer (2006)
- Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Aurélien Géron, O'Reilly Media (2017)

#### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Deep Learning mit der Prüfungsnummer 220488 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 50% (Prüfungsnummer: 2200822)
- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 50% (Prüfungsnummer: 2200823)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

- multiple coding assignments evaluating methodological and practical competence in the taught concepts - to be individually solved at home with due date and submission via Moodle
- result determined as average across the evaluated solutions to the assignments
- students must register via thoska for this exam, typically within the 3rd and 4th week of the semester

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

- one or multiple written tests consisting of multiple-choice and free-form questions evaluating the professional competence in the course's topics
- preferably conducted digitally via Moodle and on the student's device
- final results may be scaled or individual questions may be excluded depending on best performing percentile of students
- students must register via thoska for this exam, typically within the 3rd and 4th week of the semester

#### Link zum Moodle-Kurs

accessible [HERE]

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2017  
 Diplom Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
 Master Communications and Signal Processing 2021  
 Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
 Master Fahrzeugtechnik 2014  
 Master Fahrzeugtechnik 2022  
 Master Informatik 2013  
 Master Informatik 2021  
 Master Ingenieurinformatik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Medieningenieurwissenschaften 2023  
 Master Medientechnologie 2017  
 Master Research in Computer and Systems Engineering 2021  
 Master Research in Computer & Systems Engineering 2016  
 Master Technische Physik 2023  
 Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: **Erweiterte Datenbankmodelle und -systeme**

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

Modulnummer: 200040      Prüfungsnummer: 2200685

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Kai-Uwe Sattler

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2254

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 kennen die erweiterten Möglichkeiten objektrelationaler Modellierung. Sie können die neuen Datentypen und die damit verbundenen objektorientierten Konzepte zur Datenbankmodellierung anwenden und für Anfragen nutzen. Diese Kompetenzen konnten am Beispiel geometrischer und XML-Datentypen und dazugehöriger Anfrageoperationen in den Übungen vertieft werden.

Durch die Übungen sind die Studierenden in der Lage, Anmerkungen zu beherzigen und Kritik zu würdigen.

### Vorkenntnisse

Grundlagen von Datenbanken

### Inhalt

Historie, Grenzen relationaler Modellierung; Erweiterte relationale Modelle, parametrisierbare Datentypen; Objektrelationale Datenmodellierung; Objektdatenbanksysteme; Objektrelationale Anfragen; Modellierung und Anfragen für räumliche und semi-strukturierte Daten; Verhaltensimplementierung

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

Vorlesung mit Präsentation und Tafel, Handouts, Moodle

### Literatur

Türker, Saake: Objektrelationale Datenbanken, 1. Auflage, dpunkt-Verlag, 2006. Klettke, Meyer: XML & Datenbanken, dpunkt-Verlag, 2002.  
 Brinkhoff: Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis, Wichmann Verlag, 2. Auflage, 2008

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Knowledge Engineering

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

Modulnummer: 200125 Prüfungsnummer: 2200812

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Rainer Knaf

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2238

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	0	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden besitzen Kompetenzen auf dem Gebiet der fortschrittlichen Methoden der modernen Wissensverarbeitung. Die Studierenden kennen und verstehen die Strategien der Datenverarbeitung mit evolutionären/genetischen Algorithmen, mit Inferenzmethoden der KI und dem großen Spektrum des Datamining und können diese für informatische/ ingenieurinformatische Problemstellungen anwenden. Die Studierenden sind mit den methodischen Grundlagen vertraut und können die wichtigsten Datenanalyse und -verarbeitungs-Techniken erkennen und bewerten, sowie typische Informatikaufgaben mit ihrer Hilfe analysieren und lösen. Sie sind in der Lage, diese Kompetenzen in den Syntheseprozess komplexer ingenieurtechnischer und informatischer Projekte einfließen zu lassen. Die Studierenden kennen und verstehen die grundlegenden Wirkprinzipien von Produkten und Verfahren, bei deren Entwicklung Methoden der Wissensverarbeitung und des Datamining Anwendung fanden, können die Eignung der vermittelten Technologien für eine gegebene Problemlasse bewerten. In der Nachbereitungsphase der Vorlesung haben die Studierenden das Gelernte geübt und wiederholt und können es auf konkrete Aufgabenstellungen in Form von Übungsaufgaben anwenden. In Diskussionen mit den Mitkommilitonen können sie auch deren Argumentation richtig einschätzen und würdigen, berücksichtigen Kritik und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Logik und Logikprogrammierung

### Inhalt

- (1) Prädikatenkalkül der ersten Stufe (PK1): Wiederholung und sinnvolle Ergänzungen (Sortenlogik, Prädikatenkalkül der ersten Stufe mit Gleichheit)
- (2) problembezogene Wissensrepräsentationen der KI und Varianten der Implementierung von Inferenzmethoden darüber
- (3) Deduktion: Grundlagen, Deduktionssysteme, Komplexitätsbetrachtungen
- (4) Induktion und maschinelles Lernen: Erlernen von Klassifikationsregeln aus Beispielen, Erlernen eines besten induktiven Schlusses im Prädikatenkalkül der ersten Stufe, Verfahren zur Ermittlung des speziellsten Anti-Unifikators über PK1-Ausdrücken, Klassifikation nach Bayes
- Data Mining:
  - (1) Motivation, typische Aufgabenklassen und Anwendungen, Stufenprozess zur Modellbildung, (2) Ähnlichkeitsmaße für Datenobjekte, (3) Entropie der Information und andere Puritätsmaße, (4) Erlernen von Entscheidungsbäumen: schrittweise Verfeinerung von ID3 zu C 4.5 (numerische Attribute, fehlende Attribute), (5) Entscheidungsbäume über regulären Patterns, (6) Erlernen von Klassifikationsregeln top down and bottom up, (7) kNN-Klassifikation, (8) Klassifikation nach Bayes, (9) Bayesian Belief Networks, (10) Support Vector Machines, (11) Ensemble Methoden, (12) diverse Ansätze zum Umgang mit dem "Class Imbalance Problem"

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

PPT, Tafelbild, Übungsaufgaben als PDF

### Literatur

- Inferenzmethoden:
- (1) Luger: Künstliche Intelligenz: Strategien zur Lösung komplexer Probleme. München: Pearson Studium (Übersetzung aus dem Addison-Wesley Verlag), 4. Aufl., 2001

(2) Russel/Norvig: Künstliche Intelligenz: Ein moderner Ansatz, München: Pearson Studium (Übersetzung aus dem Addison-Wesley Verlag), 2004

(3) Knauf: Logische Programmierung und Wissensbasierte Systeme: Eine Einführung. Aachen: Shaker, 1993  
Data Mining:

(1) Tan, Pang-Ning; Steinbach, Michael; Kumar, Vipin: Introduction to Data Mining. ISBN, Pearson Education, 2006.

(2) Markus Lusti: Data Warehousing and Data Mining: Eine Einführung in entscheidungsunterstützende Systeme, ISBN 3-540-42677-9, Springer, 2001.

(3) Petersohn, Helge: Data Mining. Verfahren, Prozesse, Anwendungsarchitektur. ISBN 978-3-486-57715-0, Oldenbourg Verlag, 2005.

(4) Lawrence, Kenneth D.; Kudyba, Stephan, Klimberg, Ronald K.: Data Mining Methods and Applications, ISBN 978-0-8493-8522-3, Boca Raton, FL u.a.: Auerbach, 2008.

#### Detailangaben zum Abschluss

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3841>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Informatik 2013

Master Informatik 2021

Master Ingenieurinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: Objektorientierte Modellierung

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

Modulnummer: 200015      Prüfungsnummer: 220430

Modulverantwortlich: Dr. Ralph Maschotta

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 94      SWS: 5.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2236

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	2																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

**Fachkompetenz:** Die Studenten sind in der Lage komplexe UML-Modelle zu interpretieren und zu verstehen. Darüber hinaus sind sie in der Lage das Verhalten und die Struktur von Systemen mit Hilfe aller definierten Diagramme der UML spezifikationskonform abbilden zu können. Des Weiteren können sie die verschiedenen statischen und dynamischen Aspekte eines Systems spezifikationskonform abbilden. Sie in der Lage die Diagramme der UML in allen Phasen des Systemlebenszyklus korrekt einsetzen zu können um verschiedene Sachverhalte mit Hilfe der UML ausdrücken und spezifizieren zu können. Somit sind sie in der Lage komplexe spezifikationskonforme UML-Modelle in allen Phasen des Systemlebenszyklus erstellen zu können. Durch das vermittelte Wissen über das UML-Metamodell haben die Studenten ein grundlegendes Verständnis des Aufbaus der UML-Spezifikation entwickelt. Sie sind in der Lage prinzipielle Modellierungskonzepte der UML zu erkennen und zu verstehen und sind daher in der Lage diese Prinzipien auch auf neue Anwendungsgebiete anwenden zu können.

**Methodenkompetenz:** Mit Hilfe der in der Vorlesung und im Seminar vermittelten Methoden und des im Seminar vorgestellten Modellierungswerkzeugs sind die Studenten in der Lage UML-Modelle in einem realistischen Projektumfang praktisch zu erstellen. Dabei sind sie in der Lage die Struktur und das Verhalten von Systemen sowie die statischen und dynamische Aspekte von Systemen spezifikationskonform, praktisch abbilden zu können. Durch die im Seminar vorgestellten Methoden sind die Studenten in der Lage nach einem sinnvollen Vorgehen gezielt und strukturiert vorzugehen. Darüber hinaus können Sie die Ergebnisse der Modellierung zur weiteren Modellverwertung z.B. zur Dokumentation oder zur Codeerzeugung verwenden.

**Sozialkompetenz:** Durch das Arbeiten in kleinen Teams und die Verwendung in der Softwareentwicklung üblichen Entwicklungswerkzeuge (z.B. Versionierung), sind die Studenten in der Lage, praktische Modellierungsaufgaben selbstorganisiert in kleinen Teams zu lösen.

### Vorkenntnisse

Grundlagen der objektorientierten Programmierung  
 Hilfreich: Grundlagen des UML-Klassendiagramms

### Inhalt

Die Unified Modeling Language (UML) ist eine standardisierte Sprache zur Modellierung der Struktur und des Verhaltens von technischen aber auch nichttechnischen Systemen. Sie wird in vielen Bereichen der Informatik angewendet.

Einige grundlegende Elemente der UML wurden in anderen Lehrveranstaltungen bereits vorgestellt. Aufbauend auf diesen Kenntnissen werden im Rahmen dieser Veranstaltung alle Diagramme der UML im Detail erläutert. Anhand des Metamodells soll ein Verständnis der grundlegenden Struktur der UML vermittelt werden. Einen Schwerpunkt dieser Lehrveranstaltung bildet weiterhin die Verhaltensmodellierung. Mit insgesamt 6 Diagrammtypen bietet die UML verschiedene Möglichkeiten hierfür. Es soll gezeigt werden, wie sich diese Diagramme für die Lösung praktischer Aufgabenstellungen verwenden lassen.

Im Rahmen des zugehörigen Seminars soll das Verhalten und die Struktur eines selbst gewählten technischen Systems im Team nach einem einfachen Vorgehen modelliert werden. Diese sollen Lösungen zu gestellten Modellierungsaufgaben beinhalten.

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

Online-Lehrveranstaltung, vollständige Vorlesung und Seminar als Video verfügbar. Online Fragestunden mit Quiz für die Vorlesung und hybride Fragestunde für das Seminar. Präsentationsfolien, alle weiteren Unterlagen im Moodle verfügbar.  
Tafel, Beamer und PC Raum für aPL.

#### Literatur

Chris Rupp, Stefan Queins, Barbara Zengler:  
UML2 glasklar - Praxiswissen für die UML-Modellierung, 3. aktualisierte Auflage, 2007, Hanser

Bernd Oestereich, Stefan Bremer (Mitarbeit):  
Analyse und Design mit UML 2.3, 9. Auflage, 2009, Oldenbourg

Gernot Starke, Mike Beedle:  
Effektive Software-Architekturen, Ein praktischer Leitfaden., 4. aktualisierte Auflage, 2009, Hanser, ISBN 9-783446-420083

#### Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Objektorientierte Modellierung mit der Prüfungsnummer 220430 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 40% (Prüfungsnummer: 2200648)
- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 60% (Prüfungsnummer: 2200649)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:  
Erstellung eines Modells und einer Abschlussdokumentation; ist organisatorisch vor der sPL abzuschließen

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
schriftliche Prüfung, keine Hilfsmittel; Planung als Ausnahme im 2. PZR, damit Projekt vorher abgeschlossen werden kann

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=586>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013  
Bachelor Informatik 2021  
Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: Parallel Computing

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

Modulnummer: 200003      Prüfungsnummer: 220424

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Patrick Mäder

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2252

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

Professional Competence mostly gained in lectures and evaluated in the oral exam:

- Students have knowledge about the fundamental concepts and terminology of parallel systems.
- Students have knowledge about different taxonomies to classify parallel hardware and the advantages and disadvantages per class.
  - Students know different methodologies for decomposing, agglomerating, and mapping a given problem into a set of parallel executable tasks.
  - Students know and can apply different synchronization techniques for parallel programs.
- Students have knowledge about different metrics for evaluating parallelization success and are informed about best practices and problems when profiling parallel software.

Methodological Competence mostly gained in seminars and evaluated in the aPI (assignments):

- Students gained the ability to implement parallel programs on different hardware platforms including the ability to analyze and decompose a given problem for parallel computing.
- Students are able to independently develop individual parallel implementations to a given problem and are able to judge and compare the quality and success in terms of parallelization.
- Students gained the ability to evaluate and troubleshoot parallel programs.
- Students gained the ability to use development tools and computational resources (e.g., cloud computing instances) for programming parallel programs.

Social Competence gained through lectures and seminars:

- Students can discuss advantages and disadvantages of different deep learning approaches among each other and with their lecturers.

### Vorkenntnisse

- basic programming skills in C are beneficial

### Inhalt

The goal of this master-level course is giving a structured introduction into the concepts of parallel programming. Students will learn fundamental concepts of parallelization and will be able to judge the correctness, performance and construction of parallel programs using different parallelization paradigms (e.g. task parallelization, data parallelization) and mechanisms (e.g. threads, task, locks, communication

channels). The course also provides an introduction to the concepts of programming and practical aspects of programming massively parallel systems and cloud computing applications (using Amazon AWS). At the end of the course, students shall be able to design and implement working parallel programs, using shared memory programming on CPU (using pThreads and OpenMP) and GPU (using Cuda) as well as distributed memory programming (using MPI) models. The concepts conveyed in lectures are deepened by practical programming exercises.

The following topics will be covered through lecture and seminar:

- Fundamentals of parallel algorithms
  - Decomposition, Communication, Agglomeration, and Mapping of parallel tasks
  - Styles of parallel programs
- Shared-memory programming
  - Processes, threads, and synchronisation
    - pThreads
    - OpenMP
  - Hardware architecture for parallel computing
    - Shared and distributed memory
    - Flynn's Taxonomy
    - Cache Coherence
    - Interconnection networks und routing
  - Distributed-memory programming
    - Message passing programming
      - MPI
- Analytical program models
  - Amdahl's law, etc.
  - Metrics
  - Profiling
- Parallel algorithms
- Programming massivly parallel systems
  - GPU und CUDA Programmierung
  - OpenCL
  - Warehouse-scale computing

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

- Lecture and seminar slide decks
- Assignments managed via Moodle
- Additional material, e.g., papers, source code excerpts, etc., and development tools
- All material will be shared via Moodle, accesible [HERE]

#### Technical Requirements

- personal computer required for all seminars and assignments
- ... with access to moodle.tu-ilmenau.de
- ... with access to colab.google.com

#### Literatur

- Introduction to Parallel Computing: Zbigniew J. Czech, Cambridge University Press (2017)
- Introduction to Parallel Computing (Second Edition): Ananth Grama, Anshul Gupta, George Karypis, Vipin Kumar, Addison Wesley (2003), ISBN 0-201-64865-2
  - Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach, D.B. Kirk and W.W. Hwu, Morgan Kaufmann, 2. Ed. (2012)
  - Parallelism in Matrix Computations, E. Gallopoulos, B. Philippe, A.H. Sameh, Springer (2015)
  - Parallel Programming, T. Rauber and G. Runger, Springer (2013)

#### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Parallel Computing mit der Prüfungsnummer 220424 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- akternativie semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 60% (Prüfungsnummer: 2200630)
- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 40% (Prüfungsnummer: 2200631)

Details zum Abschluss Teilleistung 1:

- or multiple written tests consisting of multiple-choice and free-form questions evaluating the professional competence in the course's topics
  - preferably conducted digitally via Moodle and on the student's device
  - final results may be scaled or individual questions may be excluded depending on best performing percentile of students
  - students must register via thoska for this exam, typically within the 3rd and 4th week of the semester

Details zum Abschluss Teilleistung 2:

- one or multiple assignments to be solved individually at home and turned-in via Moodle at a defined due date announced with the task
  - assignments are may be accompanied by either a short physical, oral presentation and discusion in front of the peer group OR a short video presentation; students will be informed about the selected form upon announcing assignment topics
  - result determined as average across the evaluated solutions to the assignments
  - students must register via thoska for this exam, typically within the 3rd and 4th week of the semester

#### Link zum Moodle-Kurs

acesible [HERE]

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Informatik 2013  
 Master Informatik 2021  
 Master Ingenieurinformatik 2021  
 Master Maschinenbau 2017  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: Programmierparadigmen

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

Modulnummer: 200026 Prüfungsnummer: 2200668

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Günter Schäfer

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 94 SWS: 5.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 2253

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			
				3	2	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden können nach der Vorlesung das erworbene Basiswissen über Programmiersprachparadigmen, einschließlich der zugrunde liegenden Denk- und Verarbeitungsmodelle im Kontext konkreter Problemstellungen zielgerecht einsetzen. Sie können Programmiersprachen und deren Konzepte nach wesentlichen Paradigmen klassifizieren (Fachkompetenz). Die Studierenden sind in der Lage, zu gegebenen Problemen geeignete Paradigmen kritisch auszuwählen. Sie können einfache Programme sowohl im funktionalen als auch im objektorientierten Programmierstil systematisch entwerfen und implementieren. Auf der Grundlage der bearbeiteten Übungsaufgaben können die Studierenden grundlegende Problemstellungen unter Einbeziehung der vermittelten Programmiermethoden sachgerecht und ressourceneffizient lösen. (Methodenkompetenz). Die Studierenden verstehen verschiedene Programmiersprachkonzepte im Kontext einer Programmiersprache (Systemkompetenz). Die Studierenden können erarbeitete Lösungen einfacher Programmieraufgaben in der Gruppe analysieren und bewerten (Sozialkompetenz).

### Vorkenntnisse

Die Vorlesung baut auf Grundlagenwissen zu Algorithmen und Programmierung auf, wie es bspw. in den Vorlesungen "Programmierung und Algorithmen" (für Studierende der Informatik-Studiengänge) oder "Algorithmen und Programmierung" (für Studierende der Ingenieur-Studiengänge) vermittelt wird. Insbesondere sollten gute Grundkenntnisse über die Programmierung in der Sprache Java vorhanden sein.

### Inhalt

Übersicht über behandelte Programmierparadigmen:

- Objektorientierte Programmierung
- Funktionale Programmierung
- Nebenläufige und parallele Programmierung
- Verteilte Programmierung (soweit zeitlich möglich)

Demonstriert und erprobt werden die unterschiedlichen Konzepte anhand der Programmiersprachen Java, C++ und Erlang.

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

Folien, Skripte

### Literatur

Programming Erlang, Joe Armstrong  
 The Lambda Calculus. Its Syntax and Semantics (Studies in Logic), Henk Barendregt (Autor)

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4108>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Ingenieurinformatik 2013

Bachelor Ingenieurinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Softwarearchitekturen

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

Modulnummer: 200067 Prüfungsnummer: 220446

Modulverantwortlich: Dr. Detlef Streitferdt

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung Fachgebiet: 223

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

#### Fachkompetenz:

Die Studierenden verfügen über Kenntnisse und Überblickswissen über Methoden und Werkzeuge des Software Engineering. Sie können dieses Wissen im Projektkontext anwenden und die Aussagekraft / Qualität der jeweiligen Ergebnisse bewerten. Die Studierenden sind fähig Softwareentwicklungsprozesse zu analysieren und auf die jeweiligen Gegebenheiten eines Projektes anzupassen. Sie verstehen Architekturmuster / -stile und können diese im Projektkontext einsetzen.

#### Methodenkompetenz:

Die Studierenden sind fähig die vorgestellten Entwicklungsmethoden anzuwenden und deren Ergebnisse früh im Entwicklungsprozess abzuschätzen. Sie sind fähig aus den vermittelten Methoden die für ein gegebenes Projekt passfähigen auszuwählen und anzuwenden.

#### Systemkompetenz:

Die Studierenden verstehen das grundsätzliche Zusammenwirken der Methoden und Prozessschritte der Entwicklung einer Softwarearchitektur.

#### Sozialkompetenz:

Die Studierenden können im Rahmen der semesterbegleitenden Gruppenaufgabe die Architekturdokumentation eines Open Source Projektes erarbeiten. Sie können die Auswirkungen der "weichen" Faktoren innerhalb von Softwareentwicklungsprozessen durch die eigene Gruppenarbeit richtig abschätzen.

Über ein studentisches Projekt während des Semesters, mit einer Abschlusspräsentation, wird das anwendungsnahe Implementierungswissen geprüft. In der Prüfung wird der Fokus nur noch auf das integrative Verständnis gelegt, sodass hier eine Reduktion der Prüfungsbelastung während des Prüfungszeitraumes erreicht wird.

### Vorkenntnisse

- Kenntnisse über Softwareentwicklungsprozesse
- Objektorientierte Modellierung
- Objektorientierte Programmierung

### Inhalt

Diese Vorlesung vermittelt Studenten der Informatik und Ingenieurinformatik Methoden und Techniken des Software Engineering. Über die Einbettung der Aktivitäten in den Softwareentwicklungsprozess werden die einzelnen Schritte und in den Übungen vertieft. Die Veranstaltung enthält die Erarbeitung von Softwarearchitekturzielen, Beschreibungsansätze der verschiedenen Modelle und Dokumente, Vorgehen bei der Entwicklung (Prozesse), Entscheidungsfindung, Architekturstile / -muster und ihre Qualitätseigenschaften, sowie die Prüfung/Bewertung von Architekturen.

(Die Vorlesung wird in Deutsch gehalten, einige der Materialien sind jedoch nur in Englisch verfügbar - was allerdings im Hinblick auf die spätere Arbeitswelt nur von Vorteil ist!)

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

- Vorlesungsfolien
- PDF Dokumente (auch wissenschaftliche Beiträge)
- Prozessbeschreibungen (HTML), Templates

Moodle: <https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4463>  
Webex für die online Vorlesungen und Übungen.

## Literatur

### Umfassende Werke

- [Balz 1996] Helmut Balzert, "Lehrbuch der Software-Technik", Spektrum Akademischer Verlag, 1996.  
[Fowl 1999] Martin Fowler, "Refactoring - Improving the Design of Existing Code", Addison Wesley, 1999.  
[Gamm 1995] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides, "Design Patterns - Elements of Reusable Object-Oriented Software", Addison Wesley, 1995.  
[Mart 2009] Robert C. Martin, "Clean Code", Prentice Hall, 2009.  
[McCo 2004] Steve McConnell, "Code Complete 2nd Edition", Microsoft Press, 2004.  
[RooC 2004] Stefan Roock, Martin Lippert, "Refactorings in großen Softwareprojekten", dpunkt.Verlag GmbH, 2004.  
[Somm 2007] Ian Sommerville, "Software Engineering", Pearson Studium, 2007.  
[Mens 2008] T. Mens and S. Demeyer, Eds., Software Evolution. Springer-Verlag New York Inc, 2008.

### Spezielle Themen ...

#### Entwicklungsprozesse

- [Beck 2000] Kent Beck, "eXtreme Programming eXplained", Addison Wesley, 2000.  
[Buns2002] C. Bunse and A. von Knethen, Vorgehensmodelle kompakt. Fraunhofer Publica [<http://publica.fraunhofer.de/oai.har>] (Germany), 2002.  
[Carr 1993] Marvin J. Carr, Suresh L. Konda, Ira Monarch, F. Carol Ulrich, Clay F. Walker, "Taxonomy-Based Risk Identification", Carnegie Mellon University, Technical Report CMU/SEI-93-TR-6, ESC-TR-93-183, 1993.  
[Open 2011] Eclipse Process Framework, "Open Unified Process, OpenUP", content retrieved 2011-10-01, 2011.

#### Requirements

- [Bere 2009] Brian Berenbach, Daniel J. Paulish, Juergen Kazmeier, Arnold Rudorfer, "Software & Systems Requirements Engineering In Practice", Mc Graw Hill, 2009.  
[Haya 1990] S. I. Hayakawa, "Language in Thought and Action", Harvest Books, 1990.  
[KoSo 1998] Gerald Kotonya, Ian Sommerville, "Requirements Engineering - Processes and Techniques", John Wiley & Sons, 1998.  
[Kula 2000] Daryl Kulak, Eamonn Guiney, "Use Cases - Requirements in Context", Addison-Wesley, 2000.  
[Lams 2001] Axel van Lamsweerde, "Goal-Oriented Requirements Engineering: A Guided Tour", in Proceedings of the 5th IEEE International Symposium on Requirements Engineering (RE 2001), 27-31 August 2001, Toronto, Canada, 2001.  
[Lams 2009] Axel van Lamsweerde, "Requirements Engineering: From System Goals to UML Models to Software Specifications", John Wiley & Sons, 2009.  
[McCo 2006] Steve McConnell, "Software Estimation", Microsoft Press, 2006.  
[Pohl 2008] Klaus Pohl, "Requirements Engineering: Grundlagen, Prinzipien, Techniken", dpunkt.Verlag GmbH, 2008.  
[Robe 1999] Suzanne Robertson, James Robertson, "Mastering the Requirements Process", Addison-Wesley, 1999.  
[Rupp 2002] Chris Rupp, "Requirements-Engineering und -Management", Hanser Verlag, 2002.  
[Schu 2000] G. Gordon Schulmeyer, Garth R. Mackenzie, "Verification & Validation of Modern Software-Intensive Systems", Prentice Hall, 2000.  
[SoSa 1997] Ian Sommerville, Pete Sawyer, "Requirements Engineering: A Good Practice Guide", John Wiley & Sons, 1997.  
[Wieg 1999] Karl E. Wiegers, "Software Requirements", Microsoft Press, 1999.  
[With 2007] Stephen Withall, "Software Requirement Patterns", Microsoft Press, 2007.

#### Architektur, Produktlinien

- [Boec 2004] Günter Böckle, Peter Knauber, Klaus Pohl, Klaus Schmid, "Software-Produktlinien: Methoden, Einführung und Praxis", dpunkt.Verlag GmbH, 2004.
- [Clem 2002] Paul Clements, Rick Kazman, Mark Klein, "Evaluating Software Architectures", Addison Wesley, 2002.
- [Hrus 2012] P. Hruschka and G. Starke, Architektur-Knigge für Softwarearchitekten-Der Verschätzer. 2012.
- [Kang 1990] K. Kang, S. Cohen, J. Hess, W. Novak, and A. Peterson, "Feature-Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study", SEI Institute, Carnegie Mellon University, USA, CMU/SEI-90-TR-021, 1990.
- [Kazm 2000] Rick Kazman, Mark Klein, Paul Clements, "ATAM: Method for Architecture Evaluation", TECHNICAL REPORT, CMU/SEI-2000-TR-004, ESC-TR-2000-004, 2000.
- [Lind 2007] F. J. van der Linden, K. Schmid, and E. Rommes, Software Product Lines in Action: The Best Industrial Practice in Product Line Engineering. Berlin: Springer, 2007.
- [Love 2005] Robert Love, "Linux Kernel Development (2nd Edition)", Novell Press, 2005.
- [Masa 2007] Dieter Masak, "SOA? Serviceorientierung in Business und Software", Springer Verlag, 2007.
- [Pohl 2005] Klaus Pohl, Günter Böckle, Frank van der Linden, "Software Product Line Engineering - Foundations, Principles, and Techniques", Springer, Heidelberg 2005.
- [Posc 2007] Torsten Posch, Klaus Birken, Michael Gerdorn, "Basiswissen Softwarearchitektur", d.punkt Verlag, 2004 oder 2007.
- [Spin 2009] D. Spinellis and G. Gousios, Beautiful Architecture: Leading Thinkers Reveal the Hidden Beauty in Software Design. O'Reilly Media, 2009.

#### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Softwarearchitekturen mit der Prüfungsnummer 220446 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- mündliche Prüfungsleistung über 30 Minuten mit einer Wichtung von 50% (Prüfungsnummer: 2200716)
- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 50% (Prüfungsnummer: 2200717)

Details zum Abschluss Teilleistung 2: Im Verlauf der Veranstaltung sollen bestehende Projekte (Open Source) analysiert und vorgestellt werden. Es ist eine Ausarbeitungen mit Präsentation zu erstellen.

#### Link zum Moodle-Kurs

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Informatik 2013  
Master Informatik 2021  
Master Ingenieurinformatik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medieningenieurwissenschaften 2023  
Master Medientechnologie 2017

## Modul: Softwareentwicklung

Modulabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten

Sprache: Deutsch

Pflichtkenn.: Wahlmodul

Turnus: Wintersemester

Modulnummer: 200054

Prüfungsnummer: 220442

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Armin Zimmermann

Leistungspunkte: 10	Workload (h): 300	Anteil Selbststudium (h): 244	SWS: 5.0																								
Fakultät für Informatik und Automatisierung			Fachgebiet: 2236																								
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	3	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

**Fachkompetenz:** Die Studierenden haben nach der Vorlesung grundlegendes Wissen über Vorgehens- und Prozessmodelle der Softwareentwicklung, sowie über deren Methodik und Basiskonzepte. Sie können größere Entwicklungsaufgaben strukturieren, Lösungsmuster erkennen und anwenden, und verstehen den Entwurf von der Anforderungsermittlung bis hin zur Implementierung.

**Methodenkompetenz:** Die Studierenden haben Entscheidungskompetenz hinsichtlich möglicher Prinzipien, Methoden und Werkzeuge des ingenieurmäßigen Softwareentwurfs. Die Studierenden verfügen über das Wissen, allgemeine Techniken der Softwareentwicklung bzw. fachspezifische Kenntnisse anzuwenden und konnten die Praxis des Projektmanagements innerhalb der Software-Projekts erlernen.

**Systemkompetenz:** Die Studierenden verstehen das grundlegende Zusammenwirken unterschiedlicher Softwareentwicklungsphasen; anwendungsorientierte Kompetenzen bezüglich Modellierungsfähigkeit und Systemdenken sind geschult. Sie sind in der Lage, Organisations-, Entwurfs- und Implementierungstechniken anzuwenden.

**Sozialkompetenz:** Die Studierenden verfügen über Fähigkeiten zur entwicklungsbezogenen, effektiven Teamarbeit. Die Studierenden lösen eine komplexe Entwicklungsaufgabe in einem größeren Team und vertiefen dabei Fertigkeiten in Projektmanagement, Teamführung und Gruppenkommunikation.

### Vorkenntnisse

Programmierkenntnisse

### Inhalt

In der Lehrveranstaltung werden grundlegende Methoden, Modelle und Vorgehensweisen der Softwaretechnik bzw. des Software Engineering erlernt und am Beispiel geübt. Vorrangig wird die objektorientierte Sichtweise betrachtet, und in den Übungen anhand praktischer Beispiele vertieft. Für Implementierungsbeispiele wird vor allem JAVA verwendet.

- Einführung
  - . Modellierungskonzepte
    - . Überblick Modellierung
    - . klassische Konzepte (funktional, datenorientiert, algorithmisch, zustandsorientiert)
    - . Grundlagen Objektorientierung
    - . Unified Modeling Language (UML)
- Analyse
  - . Anforderungsermittlung
  - . Glossar, Geschäftsprozesse, Use Cases, Akteure
  - . Objektorientierte Analyse und Systemmodellierung
  - . Dokumentation von Anforderungen, Pflichtenheft
- Entwurf
  - . Software-Architekturen
  - . Objektorientiertes Design
  - . Wiederverwendung (Design Patterns, Komponenten, Frameworks, Bibliotheken)
- Implementierung
  - . Konventionen und Werkzeuge

- . Codegenerierung
- . Testen
- Vorgehensmodelle
  - . Überblick, Wasserfall, Spiralmodell, V-Modell XT, RUP, XP
- Projektmanagement
  - . Projektplanung
  - . Projektdurchführung
- Softwareprojekt

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

Folien, Tafel, Übungsaufgaben

#### Literatur

Brügge, Dutoit: Objektorientierte Softwaretechnik  
 Balzert: Lehrbuch der Software-Technik - Basiskonzepte und Requirements Engineering  
 Stark, Krüger: Handbuch der Java-Programmierung  
 Sommerville: Software Engineering  
 Oestereich: Analyse und Design mit UML  
 Rupp: Requirements-Engineering und -management  
 Höhn, Höppner: Das V-Modell XT  
 Kruchten: The Rational Unified Process: An Introduction  
 Beck, Andres: Extreme Programming Explained  
 Wirfs-Brock, McKean: Object Design: Roles, Responsibilities and Collaborations  
 Gamma, Helm, Johnson, Vlissides: Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software  
 Fowler: Refactoring: Improving the Design of Existing Code

#### Detailangaben zum Abschluss

Das Modul Softwareentwicklung mit der Prüfungsnummer 220442 schließt mit folgenden Leistungen ab:

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten (regulär im Wintersemester) mit einer Wichtung von 30% (Prüfungsnummer: 2200699)
- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung (im Sommersemester) mit einer Wichtung von 70% (Prüfungsnummer: 2200700)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
 Software-Projekt (Gruppe)

#### Link zum Moodle-Kurs

Vorlesung: <https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=803>  
 Seminar: <https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=723>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2021  
 Bachelor Ingenieurinformatik 2021  
 Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Softwarequalitätssicherung

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

Modulnummer: 200130      Prüfungsnummer: 2200821

Modulverantwortlich: Dr. Detlef Streitferdt

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 223

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

**Fachkompetenz:** Die Studierenden kennen nach der Vorlesung die Aufgaben und Bestandteile eines Qualitätssicherungssystems in der Softwareentwicklung sowie konstruktive und analytische Maßnahmen zur Qualitätssicherung.

**Methodenkompetenz:** Die Studierenden kennen die vorgestellten Methoden / Werkzeuge und sind auch durch die Übungen in der Lage, diese adäquat einzusetzen.

**Systemkompetenz:** Die Studierenden können die vorgestellten Methoden und Werkzeuge in Projekten unterschiedlicher Domänen anwenden.

**Sozialkompetenz:** Die Studierenden kennen die Bedeutung und Auswirkung qualitätssichernder Maßnahmen innerhalb von Softwareprojekten und sind sich deren Bedeutung im organisatorischen Kontext einer Firma bewusst.

### Vorkenntnisse

Die Vorlesungen Softwaretechnik 1/2 sind empfehlenswert.

### Inhalt

- Einführung: Qualitätsmerkmale, Total Quality Management; Softwarequalität und Produktivität
  - Qualitätssicherungssysteme, Zertifizierung, Fehlerbehandlung
  - Software-Prozess-Assessment (CMMI, SPICE)
  - Konstruktive Maßnahmen zur Qualitätssicherung
  - Analytische Maßnahmen zur Qualitätssicherung:
- Testprozess, Funktions- und Strukturorientiertes Testen, Objektorientiertes Testen
- Softwaremessung, Metriken

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

Folien, zusätzliche PDF-Dokumente auf der Webseite, bzw. in moodle  
 Alle Unterlagen stehen in moodle zur Verfügung. Der Zugang wird in der ersten Vorlesung bekannt gegeben.

Interessierten laden sich bitte per email bei mir:  
 detlef.streitferdt@tu-ilmenau.de

### Literatur

- [1] Liggesmeyer, Peter; "Software-Qualität: Testen, Analysieren und Verifizieren von Software", Spektrum Akademischer Verlag 2009
- [2] Hoffmann, Dirk W.; "Softwarequalität", Springer Verlag, 2013

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=639>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Ingenieurinformatik 2013

Bachelor Ingenieurinformatik 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Softwaretechnik (Einführung für Nichtinformatiker)

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

Modulnummer: 200126      Prüfungsnummer: 220484

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Armin Zimmermann

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 105      SWS: 4.0  
 Fakultät für Informatik und Automatisierung      Fachgebiet: 2236

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

**Fachkompetenz:** Die Studierenden haben grundlegendes Wissen über Vorgehens- und Prozessmodelle der Softwareentwicklung, sowie über deren Methodik und Basiskonzepte erworben. Sie können größere Entwicklungsaufgaben strukturieren, Lösungsmuster erkennen und anwenden, und verstehen den Entwurf von der Anforderungsermittlung bis hin zur Implementierung.

**Methodenkompetenz:** Den Studierenden besitzen Entscheidungskompetenz hinsichtlich möglicher Prinzipien, Methoden und Werkzeuge des ingenieurmäßigen Softwareentwurfs. Die Studierenden verfügen über das Wissen, allgemeine Techniken der Softwareentwicklung bzw. fachspezifische Kenntnisse anzuwenden und haben die Praxis des Projektmanagements erlernt.

**Systemkompetenz:** Die Studierenden verstehen das grundlegende Zusammenwirken unterschiedlicher Softwareentwicklungsphasen; anwendungsorientierte Kompetenzen bezüglich Modellierungsfähigkeit und Systemdenken werden in Übungen und in praktischer Anwendung geschult. Sie sind in der Lage, Organisations-, Entwurfs- und Implementierungstechniken anzuwenden.

**Sozialkompetenz:** Die Studierenden sind in der Lage, Anmerkungen und Hinweise ihrer Mentoren zu beachten und Kritik zu würdigen.

### Vorkenntnisse

Programmierkenntnisse

### Inhalt

In der Lehrveranstaltung werden grundlegende Methoden, Modelle und Vorgehensweisen der Softwaretechnik bzw. des Software Engineering erlernt und am Beispiel geübt. Vorrangig wird die objektorientierte Sichtweise betrachtet, und in den Übungen anhand praktischer Beispiele vertieft. Für Implementierungsbeispiele wird vor allem JAVA verwendet.

Die Lehrveranstaltung richtet sich an Nicht-Informatiker, die nicht am anschließenden Softwareprojekt teilnehmen. Zusätzlich zur Vorlesung Softwaretechnik ist Selbststudium zu objektorientierter Programmierung nötig sowie die Bearbeitung eines semesterbegleitenden kleinen Softwareprojekt-Entwurfs, dessen Bewertung in die Benotung eingeht.

- Einführung
- Modellierungskonzepte
  - . Überblick Modellierung
  - . klassische Konzepte (funktional, datenorientiert, algorithmisch, zustandsorientiert)
  - . Grundlagen Objektorientierung
  - . Unified Modeling Language (UML)
- Analyse
  - . Anforderungsermittlung
  - . Glossar, Geschäftsprozesse, Use Cases, Akteure
  - . Objektorientierte Analyse und Systemmodellierung
  - . Dokumentation von Anforderungen, Pflichtenheft
- Entwurf
  - . Software-Architekturen
  - . Objektorientiertes Design

- . Wiederverwendung (Design Patterns, Komponenten, Frameworks, Bibliotheken)
- Implementierung
  - . Konventionen und Werkzeuge
  - . Codegenerierung
  - . Testen
- Vorgehensmodelle
  - . Überblick, Wasserfall, Spiralmodell, V-Modell XT, RUP, XP
- Projektmanagement
  - . Projektplanung
  - . Projektdurchführung

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form  
Folien, Tafel, Moodle

## Literatur

- Brügge, Dutoit: Objektorientierte Softwaretechnik. Pearson 2004
- Balzert: Lehrbuch der Software-Technik - Basiskonzepte und Requirements Engineering. 3. Auflage 2009
- Stark, Krüger: Handbuch der Java-Programmierung Version 6. Addison-Wesley 2007
- Sommerville: Software Engineering. Pearson 2007
- Oestereich: Analyse und Design mit UML 2.1. Oldenbourg 2006
- Rupp: Requirements-Engineering und -management. Hanser 2007
- Höhn, Höppner: Das V-Modell XT. Springer 2008
- Kruchten: The Rational Unified Process: An Introduction. Addison-Wesley 2004
- Beck, Andres: Extreme Programming Explained. Addison-Wesley 2004
- Wirfs-Brock, McKean: Object Design: Roles, Responsibilities and Collaborations. Addison-Wesley 2002
- Gamma, Helm, Johnson, Vlissides: Entwurfsmuster: Elemente wiederverwendbarer objektorientierter Software. Addison-Wesley 2004
- Fowler: Refactoring: Improving the Design of Existing Code. Addison-Wesley 1999

## Detailangaben zum Abschluss

**Das Modul Softwaretechnik (Einführung für Nichtinformatiker) mit der Prüfungsnummer 220484 schließt mit folgenden Leistungen ab:**

- schriftliche Prüfungsleistung über 90 Minuten mit einer Wichtung von 70% (Prüfungsnummer: 2200813)
- alternative semesterbegleitende Prüfungsleistung mit einer Wichtung von 30% (Prüfungsnummer: 2200814)

Details zum Abschluss Teilleistung 2:  
Begleitender Entwurf einer Projektaufgabe

## Link zum Moodle-Kurs

Vorlesung: <https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=803>  
Seminar: <https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=723>

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Technische Physik 2023  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medientechnikwissenschaften 2023  
Master Medientechnologie 2017  
Master Technische Physik 2023

## Modul: Accounting & Management Control 1

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

Modulnummer: 200796

Prüfungsnummer: 250013

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Michael Grüning

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0							
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien			Fachgebiet: 2521							
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

Students are able to apply management accounting techniques and tools in the decision making process according to firms' requirements and in line with environmental restrictions. They are able to implement management control systems to align operating activities in line with corporate objectives. The case study work and its presentation enables students to monitor their knowledge and apply it to a real world management control setting. During the seminars students solve assignments and are able to evaluate the performance of fellow students following group work and discussions. They consider criticism, comments and suggestions.

### Vorkenntnisse

Internes Rechnungswesen (Cost Accounting)

### Inhalt

The course advances methodological knowledge about management accounting and management control systems. A major focus is on responsibility center control, transfer pricing, performance measurement, and management compensation.

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

beamer, overhead transparencies, desk notes, charts, Powerpoint-presentations, lecture notes, case studies

### Literatur

Anthony/Govindarajan: Management Control System. 12. ed. New York: McGrawHill, 2007.

### Detailangaben zum Abschluss

- Written exam of 90 minutes, 75% (examination number: 2500551)
- Case study work and presentation of solutions, 25% (examination number: 2500552)

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=162>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master International Business Economics 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Medienwirtschaft 2021  
 Master Wirtschaftsinformatik 2021  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Derivative Finanzinstrumente

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

Modulnummer: 200792 Prüfungsnummer: 2500547

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Ralf Trost

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2524

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

Fußend auf den Grundlagenkenntnissen zur Finanzwirtschaft und zu Kapitalmärkten verfügen die Studierenden über ein vertieftes Wissen hinsichtlich derivativer Finanzinstrumente, deren Bedeutung in der Praxis ebenso wie in der Theorie rasant zunimmt und weiter zunehmen wird. Nach Besuch der Vorlesung verstehen sie die Funktionsweise unter anderem von Futures, Optionen, Swaps und Zertifikaten, können diese analysieren und bewerten und zielgerichtet für die Optimierung der Unternehmensfinanzierung im nationalen und internationalen Kontext nutzbar machen. Nach den intensiven Diskussionen während der Übungen können die Studierenden Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an. Wegen des Einübens der Methodenanwendung in der Übung beherrschen sie einen sicheren und kompetenten Umgang mit modernen innovativen Finanzierungsinstrumenten, den sie sowohl bei einschlägigen kaufmännischen Tätigkeiten als auch bei der Abbildung der entsprechenden betriebswirtschaftlichen Prozesse in IT-Systemen nutzbar machen können.

### Vorkenntnisse

Kenntnisse, wie sie in der Veranstaltung "Finanzmärkte" vermittelt werden, sind dringend erforderlich, d.h. grundlegenden Kenntnisse über das Wesen der Finanzmärkte einschließlich der einschlägigen Kapitalmarkttheorie sowie speziell bezüglich der Instrumente der Kassamärkte. Derivate Finanzinstrumente beziehen sich auf diese sogenannten Underlyings, so dass der Inhalt der Veranstaltung von den Teilnehmenden ohne Vorliegen dieser genannten Grundkenntnisse nicht zu verstehen und einzuordnen ist.

### Inhalt

1. Überblick über Finanzinnovationen
2. Financial Futures: institutionelle Beschreibung, Bewertung, DAX-Future und Bund-Future, Anlagestrategien
3. Optionen: institutionelle Beschreibung (Options, Optionsscheine), Bewertung, Kennzahlen, fundamentale Eigenschaften (z.B. Hebelwirkung, Put-Call-Parität), Anlagestrategien
4. moderne Derivate (Beschreibung, Analyse und Bewertung): Zertifikate, Contracts for Difference)
5. Swaps: institutionelle Beschreibung, Analyse der Wirkungsweise, Strategien
6. Währungsrisikomanagement mit derivativen Finanzinstrumenten
7. Kreditrisikotransfer, insbesondere Kreditderivate
8. Exchange Traded Funds (ETFs)

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

Vorlesungsskript, Übungsskript, Literaturstudium  
 Moodle-Kurs Derivative Finanzinstrumente

### Literatur

Jeweils in der die aktuellsten Auflage:  
 Trost: Vorlesungsskript Derivative Finanzinstrumente, TU Ilmenau  
 Hull: Optionen, Futures und andere Derivate, München  
 Perridon/Steiner, Finanzwirtschaft der Unternehmung, München  
 Rudolph/Hofmann/Schaber/Schäfer, Kreditrisikotransfer, Berlin-Heidelberg  
 Rudolph/Schäfer, Derivative Finanzmarktinstrumente, Berlin-Heidelberg  
 Steiner/Bruns, Wertpapiermanagement, Stuttgart  
 Stocker, Management internationaler Finanz- und Währungsrisiken, Wiesbaden

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=2842>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master International Business Economics 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Medienwirtschaft 2021

Master Wirtschaftsinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Economic Policy

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

Modulnummer: 200844 Prüfungsnummer: 2500605

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Grebel

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2542

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

Students have a command of the theoretical foundations of economic policy making. They are able to present and discuss economic policy concepts arising from micro-, macro-, institutional, and welfare economic theories. They are familiar with the goals and carriers of economic policy, organizational forms of social action, theoretical modelling of will-forming and decision-making processes in democracy, concepts of stability policy, instruments of monetary and fiscal policy, causes and effects of structural change, and fundamentals of labour market policy. Students can detect and assess economic trends based on the appropriate indicators, evaluate fiscal, monetary as well as labor market policies.

Accompanying tutorials enable students to work independently and self-managed. They have improved their presentation skills such as presenting in a compelling manner, receiving and handling immediate feedback from the instructor and fellow students.

### Vorkenntnisse

Microeconomics, Macroeconomics

### Inhalt

The course Economic Policy scrutinizes economic theories according to their feasibility in economic policy making. Referring to micro-, macro-, institutional, and welfare economic concepts, students learn to understand the complexity of economic theorizing and the challenges involved in economic policy making. The objective of this course is to teach students the skills to design and implement economic policy in a market economy. These skills include economic modelling, quantitative analysis, and also assessing the role of economic and technical change.

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

Skript  
 Internetverbindung (geeignet ist für HD-Audio und -Video-Übertragung: 4 MBit/s),  
 Endgerät, welches die technischen Voraussetzung der benötigten Software erfüllt.

### Literatur

Mankiw, N. G., & Mankiw, N. G. (2007). Principles of Microeconomics.  
 Langdana, F. K. (2009) Macroeconomic Policy: Demystifying Monetary and Fiscal Policy  
 North, D. C. (1990). Institutions, Institutional Change and Economic performance. New York.  
 Blanchard, O., Akerlof, G. A., Romer, D., & Stiglitz, J. E. (Eds.). (2014). What have we learned?: Macroeconomic policy after the crisis. MIT Press.  
 Krugman, P. R., & Obstfeld, M. (2009). International Economics: Theory and policy. Pearson Education.  
 Just, R., Hueth, D. L., & Schmitz, A. (2008). Applied welfare economics. Edward Elgar Publishing.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=296>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master International Business Economics 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022



## Modul: Empirical Research 1

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

Modulnummer: 200774      Prüfungsnummer: 250011

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Grebel

Leistungspunkte: 5      Workload (h): 150      Anteil Selbststudium (h): 116      SWS: 3.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien      Fachgebiet: 2542

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

After attending the lectures, students know how to work with simulated as well as real economic data. They are familiar with basic data analysis, regression, testing, forecasting, and they understand how to interpret econometric results. Students understand the basics of a statistical software package used in class and, by attending the interactive tutorials, have the necessary skills to carry out their own empirical research. In the interactive tutorials, students have learned to work on tasks independently, present them to the group, receive immediate feedback from the tutor and fellow students, and know how to formulate constructive feedback themselves. Based on intensive discussions during the lectures and tutorials, students can correctly assess and appreciate the achievements of their fellow students. They consider criticism and accept advice.

### Vorkenntnisse

Mathematics, Statistics

### Inhalt

The objective of this course is to prepare students for basic empirical work. It is a hands-on course. Introduction to Econometrics using Mathematica, Monte-Carlo Simulation, testing consistency and efficiency of estimators, algebra of least squares, least square regression, testing Gauss-Markov assumptions, and Maximum-likelihood estimation.

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

Slides, online-tutorials, software programming, takehomes

### Literatur

Murray, Michael (2006): Econometrics: A Modern introduction, Pearson Addison-Wesley.  
 Greene, W. H. (2008): Econometric Analysis, 6th Ed. Pearson International.  
 Wooldridge, Jeffrey M. (2012): Introductory Econometrics: A Modern Approach, 5th Ed. South-Western.

### Detaillangaben zum Abschluss

Partial exam performance 1:  
 50% takehomes plus mid-term paper  
 Students need to register for the course during the first few weeks of the respective semester at the examination office. The examination office sets the actual deadline for registration. At the beginning of the course, the lecturer informs students about the registration procedure.  
 Partial exam performance 2:  
 50% final term paper

### Link zum Moodle-Kurs

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master International Business Economics 2021  
 Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
 Master Medienwirtschaft 2021  
 Master Wirtschaftsinformatik 2021  
 Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Externes Rechnungswesen

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

Modulnummer: 200161 Prüfungsnummer: 2500462

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Michael Grüning

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 94 SWS: 5.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2521

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
							3	2	0																								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Studenten sind in der Lage, Jahresabschlüsse nach handelsrechtlichen Prinzipien mit Hilfe von Techniken der doppelten Buchführung zu erstellen. Studenten sind auch mit grundlegenden Prinzipien der IFRS-Rechnungslegung und Konzernrechnungslegung sowie des Rechnungslegungs-Enforcements vertraut und können die ökonomische Situation auf Basis der modellhaften Realitätsabbildung in Jahresabschlüssen analysieren und beurteilen. Während der Übungen lösen Studenten Anwendungsfälle und können nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

Das Fach vermittelt Konzepte der modellhaften Abbildung der Unternehmensrealität in Rechnungslegungsmodellen. Zum einen werden grundlegende Techniken der Buchführung von der Inventur über Bestands- und Erfolgskonten und diese betreffende Buchungen behandelt. Zum anderen wird das externe Rechnungswesen mit seiner Informationsversorgungsfunktion für unternehmensexterne Adressaten und seiner Zahlungsbemessungssystem für Zahlungen an den Fiskus oder Eigentümer thematisiert. Die Bilanzierungsvorschriften nach deutschem Handelsgesetzbuch (HGB) werden vertieft behandelt. Daneben werden International Financial Reporting Standards (IFRS), die Konzernrechnungslegung und die Prüfung, Offenlegung und das Enforcement überblicksartig vorgestellt.

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

Beamer, Overhead-Projektor, Tafel, Schaubilder, Powerpoint-Presentation, Übungsskript, interaktive Online-Selbstlerninhalte, Videos

### Literatur

Coenenberg/Haller/Mattner/Schultze: Einführung in das Rechnungswesen. 8. Aufl. Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 2021.

### Detaillangaben zum Abschluss

schriftliche Klausur

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=161>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021
- Bachelor Mathematik 2021
- Bachelor Medienwirtschaft 2021
- Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021
- Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET
- Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Finanzmärkte

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

Modulnummer: 200153 Prüfungsnummer: 2500454

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Ralf Trost

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 94 SWS: 5.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2524

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			
	3	2	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Aufbauend auf den Kenntnissen der betrieblichen Finanzwirtschaft verstehen die Studierenden die Interdependenzen zwischen dem Unternehmen und den Finanzmärkten, in die es eingebettet ist. Sie können korrekte Kapitalkosten bestimmen und mit unterschiedlichen Renditebegriffen sowie dem komplexen Zusammenspiel zwischen Risiko und Rendite umgehen. Dies befähigt sie zur vertieften Analyse von Unternehmen und zur Bewertung von traditionellen Wertpapieren ebenso wie von Futures- und Optionskontrakten sowie zu Tätigkeiten in der finanzwirtschaftlichen Unternehmenssteuerung ebenso wie in allen Funktionen, in denen ein vertieftes Verständnis für die liquiditäts- und erfolgsrelevanten Belange eines Unternehmens vorausgesetzt wird. Vorlesungen und Übungen sind zueinander komplementäre Veranstaltungen. Dienen erstere zunächst der Vorstellung, Erklärung, Veranschaulichung, Interpretation und Einordnung des Stoffes, so zielten die Übungen auf die Anwendung und Einübung der Methoden sowie die Interpretation der erhaltenen Ergebnisse. Nach den intensiven Diskussionen während der Übungen können die Studierenden Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Inhalte, die in der Veranstaltung "Finanzierung und Investition" vermittelt werden

### Inhalt

1. Finanzmärkte und -intermediäre (Überblick über die institutionellen Gegebenheiten)
2. Investition und Finanzierung unter Sicherheit
3. Kapitalkosten
4. Kapitalmarkttheorie (Portfoliotheorie, CAPM)
5. Wertpapiermanagement (Aktien, Anleihen, Portfolios)
6. Grundbegriffe derivativer Finanzkontrakte (Futures, Optionen)

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

Vorlesungsskript, Übungsskript, Literaturstudium  
 Moodle Kurs Finanzmärkte

### Literatur

Jeweils in der aktuellsten Auflage:  
 Trost, R.: Vorlesungsskript Finanzmärkte  
 Perridon/Steiner/Rathgeber, Finanzwirtschaft der Unternehmung, München (empfehlenswert für Überblick)  
 Beike/Schlütz, Finanznachrichten lesen, verstehen, nutzen, Stuttgart  
 Bitz/Stark, Finanzdienstleistungen, München-Wien  
 Brealey/Myers/Allen, Principles of Corporate Finance, New York et al.  
 Franke/Hax, Finanzwirtschaft des Unternehmens und Kapitalmarkt, Berlin et al.  
 Steiner/Bruns, Wertpapiermanagement, Stuttgart

### Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3688>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021

Bachelor Medienwirtschaft 2021

Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Finanzwissenschaft 1

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

Modulnummer: 200830 Prüfungsnummer: 2500589

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Fritz Söllner

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2543

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 Veranstaltung hat die Grundlagen der Finanzwissenschaft vermittelt. Die Studenten haben sich die grundlegenden Prinzipien und Begriffe der Finanzwissenschaft angeeignet. Sie sind mit verschiedenen Marktversagenstatbeständen und der Beziehung zwischen Allokations- und Distributionsziel vertraut. Sie besitzen ein Verständnis für die Probleme der Staatsverschuldung und des Finanzausgleichs sowie für den Einfluss der kollektiven Willensbildung auf die Staatstätigkeit.

Nach der Veranstaltung können die Studenten die grundlegenden Prinzipien und Begriffe der Finanzwissenschaft erklären. Sie sind in der Lage, die verschiedenen Marktversagenstatbestände miteinander zu vergleichen und die Beziehung zwischen Allokations- und Distributionsziel zu analysieren. Sie verstehen die Probleme der Staatsverschuldung und des Finanzausgleichs sowie den Einfluss der kollektiven Willensbildung auf die Staatstätigkeit. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Mikro - und makroökonomische Grundlagen

### Inhalt

- Gliederung:
- I. Einführung
    - 1. Positive und normative Finanzwissenschaft
    - 2. Der Staat und die Volkswirtschaft
    - 3. Budget und Budgetkreislauf
    - 4. Ziele der Finanzpolitik
  - II. Marktversagen und Staatstätigkeit
    - 1. Das Pareto-Kriterium
    - 2. Öffentliche Güter
    - 3. Externe Effekte
    - 4. Unvollständige Informationen
    - 5. Natürliche Monopole
  - III. Gerechtigkeit und Umverteilung
    - 1. Prozessgerechtigkeit
    - 2. Zustandsgerechtigkeit
    - 3. Der Konflikt zwischen Effizienz und Gerechtigkeit
  - IV. Staatsverschuldung
    - 1. Theorie der Staatsverschuldung
    - 2. Haushaltswirtschaftliche Grenzen
    - 3. Verfassungsrechtliche Grenzen
  - V. Die Staatstätigkeit in der Demokratie
    - 1. Kollektive Willensbildung
    - 2. Staatsversagen
  - VI. Föderalismus und Finanzausgleich
    - 1. Die normative Theorie des Föderalismus
    - 2. Die positive Theorie des Föderalismus

### 3. Formen des Finanzausgleichs

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form  
Erforderlichenfalls gemäß Bekanntgabe/Konkretisierung durch das Fachgebiet.

#### Literatur

Blankart, C. B. (2017): Öffentliche Finanzen in der Demokratie, 9. Aufl., München: Vahlen.  
Wellisch, D. (2000): Finanzwissenschaft I, München: Vahlen.  
Wellisch, D. (2000): Finanzwissenschaft III, München: Vahlen.  
Wigger, B. U. (2005): Grundzüge der Finanzwissenschaft, 2. Aufl., Berlin: Springer.  
Zimmermann, H. et al. (2012): Finanzwissenschaft, 11. Aufl., München: Vahlen.

#### Detailangaben zum Abschluss

#### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=806>

#### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medienwirtschaft 2021  
Master Wirtschaftsinformatik 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Media Economics: Theory, Competition and Regulation

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

Modulnummer: 200786 Prüfungsnummer: 2500541

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Oliver Budzinski

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2541

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			
	3	0	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Upon successful completion of the learning process of this course, students are able to:

- . recognize economic theories (of media markets) in realistic market environments;
- . present and explain theories, principles and concepts of the modern, state-of-the-art economics of media markets;
- . develop pro and con lines of reasoning to create a scientific analysis of specific purpose-designed and real-world cases;
- . assess theoretical and empirical problems in media economics on a high academic level;
- . provide a scientific analysis of media markets by applying advanced theories, concepts, tools and methods to a purpose-designed case and derive expert-level conclusions.

For instance, successful students independently apply state-of-the-art scientific knowledge for analyzing the pros and cons of different media or digital business strategies in complex (interactive) market environments. The learning process includes lectures dominated by interactive elements, and teacher-student/student-student discussions. Students are actively involved into discussion of taught topics. This includes discussion of real-world cases in the media and digital environment.

### Vorkenntnisse

Microeconomics, Media Markets & Digitalization

### Inhalt

- Media Economics Theory:
- internet economics / economics of digitization
  - platform economics
  - economics of data
  - economics of news markets
  - entertainment economics; economics of superstars
- Media Economics Competition and Regulation
- competition and regulation in media markets
  - case studies (Google, Facebook, Amazon, Internet-TV/VoD, net neutrality, etc.)

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

PowerPoint-presentations with animation; Case studies. Lecture slides and accompanying material are available in Moodle course.

e-Exam

### Literatur

- Adler, M. (1985), Stardom and Talent, in: American Economic Review, Vol. 75, 208-212.
- Albarran, A. B. (2002), Media Economics, 2nd Edition, Ames: Iowa State Press
- Albarran, A.B. et al. (2012/eds.), Handbook of Media Management and Economics, London: Routledge.
- Anderson, S. P. & Gabszewicz, J. J. (2006), The Media and Advertising: A Tale of Two-Sided Markets, in: Handbook of the Economics of Art and Culture, Vol. 1, Amsterdam: Elsevier, 567-614.
- Anderson, S. P. & McLaren, J. (2012), Media Mergers and Media Bias with Rational Consumers, in: Journal of the European Economic Association, Vol. 10 (4), 831-859.
- Andersson, A. E. & Andersson, D. E. (2006), The Economics of Experiences, the Arts and Entertainment, Cheltenham: Elgar.
- Belleflamme, P. & Peitz, M. (2012), Digital Piracy: Theory, in: The Oxford Handbook of the Digital Economy,

Oxford: OUP, 489-530.

- Budzinski, O. & Lindstädt, N. (2010), Neue Konzepte zur Analyse von Medienmärkten: die Theorie mehrseitiger Märkte, in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt), Vol. 39 (9), 436-443.
- Budzinski, O. & Monostori, K. (2012), Intellectual Property Rights and the WTO: Innovation Dynamics, Commercial Copyrights and International Governance, in: International Law Research, Vol. 1 (1), 102-118.
- Cave, M.E. et al. (2008/eds.), Handbook of Telecommunications Economics, 2 Volumes, Bingley: Emerald.
- Elberse, A. (2008), Should You Invest in The Long Tail?, in: Harvard Business Review, Vol. 86 (7/8), 88-96.
- Evans, D. S. & Schmalensee, R. (2007), The Industrial Organization of Markets with Two-Sided Platforms, in: Competition Policy International, Vol. 3 (1), 151-179.
- Ferreira, F. & Waldfoegel, J. (2013), Pop Internationalism: Has Half a Century of World Music Trade Displaced Local Culture? in: The Economic Journal, Vol. 123, 634-664.
- Franck, E. & Nüesch, S. (2007), Avoiding 'Star Wars': Celebrity Creation as Media Strategy, in: Kyklos, Vol. 60 (2), 211-230.
- Ginsburgh, V. A. & Throsby, D. (2006), Handbook of the Economics of Art and Culture, Amsterdam: North-Holland.
- Haucap, J. & Heimeshoff, U. (2013), Google, Facebook, Amazon, Ebay: Is the Internet Driving Competition or Market Monopolization? DICE Discussion Paper 83, Düsseldorf.
- Hoskins, C., McFayden, S. & Finn, A. (2004), Media Economics, London: Sage.
- Peitz, M. & Waldfoegel, J. (2012), The Oxford Handbook of the Digital Economy, Oxford: Oxford University Press.
- Rochet, J.-C. & Tirole, J. (2006), Two-Sided Markets : A Progress Report, in: Rand Journal of Economics, Vol. 37 (3), 645-667.
- Rosen, S. (1981), The Economics of Superstars, in: American Economic Review, Vol. 71 (5), 845-858.
- Shy, O. (2002), The Economics of Network Industries, Cambridge: Cambridge University Press.

Weitere Literatur gemäß Vorlesungsmaterialien.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=468>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master International Business Economics 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medienwirtschaft 2021  
Master Wirtschaftsinformatik 2021

## Modul: Produktionswirtschaft

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

Modulnummer: 200142 Prüfungsnummer: 2500443

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Rainer Souren

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2522

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			
	3	1	0																																	

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben die wichtigsten Grundbegriffe der Produktionswirtschaft (Produktionsmodelle und -funktionen, Dominanz und Effizienz, Verfahren der Erfolgsmaximierung) kennen gelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis der Produktionsplanung und -steuerung (vorrangig für konvergierende Produktionen der Fertigungsindustrie) sowie Grundkenntnisse der Distributionsplanung erlangt und können sie in die wesentlichen Strukturen von Advanced Planning Systems einordnen. Durch die aktive Teilnahme an der Übung sind sie in der Lage, Verfahren der Nachfrageprognose, der Erzeugnisprogramm- sowie Materialbedarfsplanung, der Losgrößenplanung und des Kapazitätsabgleichs, der Auftragsfreigabe und der Maschinenbelegungsplanung sowie der Transport- und Tourenplanung auch auf komplexe, dynamische Problemstellungen anzuwenden. Sie beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise zur Lösungsfindung an. Sie verstehen die Strukturen linearer Programmierungsansätze im Kontext der Produktionsplanung. Überdies sind sie in der Lage, die ökonomischen Auswirkungen von Parametervariationen zu beurteilen und Abstimmungsprobleme im Rahmen hierarchischer Planungskonzepte zu erkennen.

### Vorkenntnisse

Mathematik 1+2  
 Internes Rechnungswesen (empfohlen)

### Inhalt

Einführung: Fallbeispiel „Lederverarbeitendes Unternehmen Gerd Gerber“  
 Teil A: Konzeptionelle (produktionstheoretische) Grundlagen  
 1. Produktion: Begriff und Darstellungsformen  
 2. Beurteilung von Produktionen (Effizienzkonzepte)  
 3. Bewertung von Produktionen (Ökonomische Erfolgsmaximierung)  
 Teil B: Produktionsplanung bei (vorwiegend) konvergierender Fertigung  
 4. PPS- und APS-Systeme (Überblick)  
 5. Berücksichtigung der Kundennachfrage  
 6. Erzeugnisprogrammplanung  
 7. Materialbedarfs- und -beschaffungsplanung  
 8. Losgrößenplanung  
 9. Kapazitätsplanung und Auftragsfreigabe  
 10. Maschinenbelegungsplanung  
 Integrativ: Fallstudie „Hemdenfein“  
 Teil C: Produktionsplanung bei andersartigen Fertigungsstrukturen  
 11. Distributions- und Transportplanung  
 12. Programmplanung bei Kuppelproduktion  
 Übung: Vertiefende Aufgaben und alte Klausuren

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

Vorlesung: überwiegend Power-Point-Präsentation per Beamer, ergänzender Einsatz des Presenters  
 Übung: Presenter

Lehrmaterial: PDF-Dateien der Vorlesungs-Präsentationen sowie durchgängige Fallstudien und Übungsaufgaben, alte Klausuren auf Moodle und im Copy-Shop verfügbar

### Literatur

Dyckhoff, H.: Produktionstheorie, 5. A., Berlin et al. 2006.

Günther, H.-O./Tempelmeier, H.: Supply Chain Analytics, 13. A., Norderstedt 2020.  
weiterführende Literatur wird am Anfang der Vorlesung sowie zu Beginn jedes Kapitels bekannt gegeben.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=76>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021

Bachelor Fahrzeugtechnik 2021

Bachelor Informatik 2013

Bachelor Informatik 2021

Bachelor Maschinenbau 2021

Bachelor Medienwirtschaft 2021

Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Ressourcenökonomie

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

Modulnummer: 200776 Prüfungsnummer: 2500531

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Fritz Söllner

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0							
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien			Fachgebiet: 2543							
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

Ziel der Veranstaltung ist die Vermittlung der Grundlagen der Ressourcenökonomie. Die Studenten haben sich die grundlegenden Prinzipien und Begriffe der Ressourcenökonomie angeeignet. Ihnen sind die wichtigsten ressourcenökonomischen Zusammenhänge und die Implikationen des Nachhaltigkeitsproblems bekannt. Sie besitzen ein Verständnis für den Umgang mit erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen. Als Ergebnis der Veranstaltung können die Studenten die grundlegenden Prinzipien und Begriffe der Ressourcenökonomie erklären. Sie sind in der Lage, die wichtigsten ressourcenökonomischen Zusammenhänge und die Implikationen des Nachhaltigkeitsproblems zu analysieren. Sie verstehen die Grundregeln des Umgangs mit erneuerbaren und mit nicht erneuerbaren Ressourcen. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

Die Studierenden kennen die Interdependenzen zwischen Wirtschaftssystem und natürlicher Umwelt. Sie können die Leistungsfähigkeit des Marktes bei der Bereitstellung von Umweltgütern beurteilen und die Notwendigkeit von staatlichen Eingriffen im Zusammenhang mit Umweltverschmutzung und dem Umgang mit natürlichen Ressourcen einschätzen.

### Vorkenntnisse

Mikroökonomische Grundlagen

### Inhalt

Gliederung:

- I. Grundlagen
  1. Das Nachhaltigkeitsproblem
  2. Ethische Aspekte
  3. Wohlfahrtsökonomische Aspekte
- II. Nicht erneuerbare Ressourcen
  1. Grundmodell
  2. Marktergebnis bei vollkommener Konkurrenz
  3. Marktergebnis bei Monopol
  4. Modellerweiterungen
  5. Steuern bzw. Subventionen
- III. Erneuerbare Ressourcen: Das Beispiel des Fischfangs
  1. Biologische Wachstumsprozesse
  2. Fischfang bei freiem Zugang
  3. Fischfang bei privaten Eigentumsrechten
  4. Optimaler Fischfang
  5. Wirtschaftspolitische Maßnahmen
  6. Die Gemeinsame Europäische Fischereipolitik

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

Erforderlichenfalls gemäß Bekanntgabe/Konkretisierung durch das Fachgebiet.

## Literatur

Endres, A.; Querner, I.: Die Ökonomie natürlicher Ressourcen, 2. Aufl., 2000, Stuttgart.  
Kohlhammer. Perman, R. et al.: Natural Resource and Environmental Economics, 4. Aufl., 2011, Harlow: Pearson.  
Tietenberg, T.; Lewis, L.: Environmental and Natural Resource Economics, 8. Aufl., 2009, Boston: Pearson.

## Detailangaben zum Abschluss

## Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=807>

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medienwirtschaft 2021  
Master Wirtschaftsinformatik 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021



## Modul: Accounting & Management Control 3

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

Modulnummer: 200798 Prüfungsnummer: 2500555

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Michael Grüning

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2521

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

Students are able to solve selected recognition problems following IFRS and are familiar with basic principles of IFRS conform financial statement preparation. Students solve accounting case studies during the seminars and are able to evaluate their fellow students solutions following intensive classroom discussion and group work. Students consider criticism, comments and suggestions appropriately.

### Vorkenntnisse

Externes Rechnungswesen (Financial Accounting)

### Inhalt

The course introduces and advances principles of international accounting following International Financial Reporting Standards (IFRS). It provides an overview on taxonomies and genesis of IFRS as well as instruments of IFRS financial statements. A major focus is on specific recognition and valuation regulations of tangible and intangible assets, impairment, inventory evaluation, production orders, revenue recognition, latent taxes and revenue uncertainty. Furthermore, enforcement of IFRS in Germany will be introduced.

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

beamer, overhead transparencies, desk notes, charts, Powerpoint-presentations, lecture notes, case studies

### Literatur

to be announced during lecture

### Detailangaben zum Abschluss

written exam, 90 minutes

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4573>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Master International Business Economics 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Medienwirtschaft 2021
- Master Wirtschaftsinformatik 2021
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Competition, Strategy and Institutions

Modulabschluss: Prüfungsleistung alternativ Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Englisch Pflichtkenn.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200785 Prüfungsnummer: 2500540

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Oliver Budzinski

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2541

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			
				3	0	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Strategic business behavior on competitive markets lies at the heart of any market economic system. Upon successful completion of the learning process of this course, students are able to:

- . recognize competitive interaction in realistic market environments (oligopolies; presence of competition rules and regulatory institutional frameworks);
- . present and explain principles and concepts of the modern, state-of-the-art economics of competition, strategy, and institutions;
- . develop pro and con lines of reasoning to create a scientific analysis of specific purpose-designed and real-world cases;
- . assess theoretical and empirical problems in competition, strategy, and institutions on a high academic level;
- . provide a scientific analysis of competition, strategy and institutions by applying advanced theories, concepts, tools and methods to a purpose-designed case and derive expert-level conclusions.

For instance, successful students independently apply state-of-the-art scientific knowledge for analyzing the pros and cons of different business strategies from a social perspective and a perspective of strategic business behaviour in complex (interactive) market environments.

The learning process includes lectures dominated by interactive elements, and individual and group tasks. Students are actively involved into discussion of taught topics. During work in groups on case studies, students apply their knowledge to find assessment standards for specific purpose-designed and real-world cases, design a strategy for presentation of outcomes and discuss them with classmates.

### Vorkenntnisse

Microeconomics

### Inhalt

- Inhalt:
1. Introduction
  2. The Economic Theory of Competition, Strategy, and Institutions
  3. Unilateral Strategies with Strategic Interdependency
    - 3.1 Predatory Pricing Strategies
    - 3.2 Advertising and Brands
    - 3.3 Bundling & Tying, Exclusive Dealing and Boycotts
    - 3.4 Raising Rivals' Costs
    - 3.5 Unilateral Strategies – European Competition Policy
  4. Cartels, Cooperation, Alliances and Networks
    - 4.1 Types and Effects of Enterprise Cooperation
    - 4.2 The Problem of Stability
    - 4.3 Detection of Cartels
    - 4.4 Cartels – European Competition Policy Framework
  5. Mergers and Acquisitions
    - 5.1 General Notes
    - 5.2 Analyzing Mergers – European Competition Policy
  6. The Global Dimension
    - 6.1 Market Concentration Worldwide
    - 6.2 International Antitrust Institutions
  7. Public Interest Considerations in Competition Policy
    - 7.1 Defining and Understanding Public Interest Considerations

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

Work in groups; Case Studies; Project Work; Exercises; Presentation using digital tools.  
Lecture slides and accompanying material are available via Moodle.

Literatur

- . Bishop, S. & Walker, M., *The Economics of EC Competition Law*, the newest edition, London: Sweet & Maxwell.
- . Motta, M., *Competition Policy: Theory and Practice*, the newest edition, Cambridge: Cambridge University Press.
- . Kerber, W. & Schwalbe, U., *Economic Principles of Competition Law*, in: F. J. Säcker et al. (eds), *Competition Law: European Community Practice and Procedure*, London: Sweet & Maxwell 2008, pp. 202-393.
- . Schwalbe, U. & Zimmer, D., *Law and Economics in European Merger Control*, the newest edition, Oxford: Oxford University Press.
- . Bagwell, K., *The Economic Analysis of Advertising*, in: *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 3, Amsterdam: Elsevier 2007, 1703-1844.
- . Budzinski, O., *Impact Evaluation of Merger Control Decisions*, in: *European Competition Journal* 9 (1), 2013, 199-224.
- . Budzinski, O., *International Antitrust Institutions*, in: R.D. Blair & D.D. Sokol (eds.), *The Oxford Handbook of International Antitrust Economics*, Vol. 1, Oxford: OUP 2015, 119-146.
- . Choi, J.P. & Gerlach, H., *Cartels and Collusion: Economic Theory and Experimental Economics*, in: R.D. Blair & D.D. Sokol (eds.), *The Oxford Handbook of International Antitrust Economics*, Vol. 2, Oxford: OUP 2015, 415-441.
- . Levenstein, M.C. & Suslow, V.Y., *Cartels and Collusion: Empirical Evidence*, in: R.D. Blair & D.D. Sokol (eds.), *The Oxford Handbook of International Antitrust Economics*, Vol. 2, Oxford: OUP 2015, 442-463.
- . Elzinga, K.G. & Mills, D.E., *Predatory Pricing*, in: R.D. Blair & D.D. Sokol (eds.), *The Oxford Handbook of International Antitrust Economics*, Vol. 2, Oxford: OUP 2015, 40-61.
- . Jayaratne, J. & Ordovery, J., *Coordinated Effects*, in: R.D. Blair & D.D. Sokol (eds.), *The Oxford Handbook of International Antitrust Economics*, Vol. 1, Oxford: OUP 2015, 509-528.
- . Keating, B. & Willig, R.D., *Unilateral Effects*, in: R.D. Blair & D.D. Sokol (eds.), *The Oxford Handbook of International Antitrust Economics*, Vol. 1, Oxford: OUP 2015, 466-508.
- . Salinger, M.A., *Vertical Mergers*, in: R.D. Blair & D.D. Sokol (eds.), *The Oxford Handbook of International Antitrust Economics*, Vol. 1, Oxford: OUP 2015, 551-586.
- . Salop, S.C. & Scheffman, D.T., *Raising Rivals' Costs*, in: *The American Economic Review* 73 (2), 1983, 267-271.
- . Scheffman, D.T. & Higgins, R.S., *Twenty Years of Raising Rivals' Costs: History, Assessment, and Future*, in: *George Mason Law Review* 12 (2), 2013, 371-387.
- . Tirole, J., *The Analysis of Tying Cases: A Primer*, in: *Competition Policy International* 1 (1), 2005, 1-25.
- . White, L.J., *Monopoly and Dominant Firms: Antitrust Economics and Policy Approaches*, in: R.D. Blair & D.D. Sokol (eds.), *The Oxford Handbook of International Antitrust Economics*, Vol. 1, Oxford: OUP 2015, 313-344

Detailangaben zum Abschluss

Group Work: Written Case Study and presentation of the results.

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=388>

verwendet in folgenden Studiengängen:

- Master International Business Economics 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Media and Communication Science 2021
- Master Medienwirtschaft 2021
- Master Wirtschaftsinformatik 2021
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021



Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=879>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master International Business Economics 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Medienwirtschaft 2021

Master Wirtschaftsinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Entscheidungslehre

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

Modulnummer: 200165 Prüfungsnummer: 2500466

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Rainer Souren

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2522

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			
				3	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Studierende haben ein Verständnis für rationale Entscheidungsprozesse (Ziel- und Alternativengenerierung und Auswahl) und Gründe für irrationale Entscheidungen (Biases) erlangt und sind in der Lage, die Elemente unterschiedlicher Entscheidungssituationen zu analysieren. Durch die aktive Beteiligung an der Übung sind sie in der Lage, wichtige Verfahren der ein-/multikriteriellen Entscheidungsfindung bei verschiedenen Formen der Unsicherheit anzuwenden. Sie beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise zur Lösungsfindung an. Überdies können sie auch grundlegende Probleme und Lösungen von Gruppenentscheidungen verstehen und anwenden.

### Vorkenntnisse

keine

### Inhalt

- Teil A: Grundlagen
  1. Gegenstand der Entscheidungslehre
  2. Generierung der Alternativen und des Zielsystems
  3. Integration von Unsicherheit in Entscheidungen
- Teil B: Rationale Entscheidungen in einfachen Situationen
  4. Entscheidungen bei Unsicherheit und einem Ziel
  5. Wert- und Nutzenfunktionen zur genaueren Abbildung von Präferenzen
  6. Entscheidungen bei mehreren Zielen
- Teil C: Rationale Entscheidungen in komplexeren Situationen
  7. Mehrstufige Entscheidungen
  8. Gruppenentscheidungen
  9. Entscheidungen unter Berücksichtigung von Zeitpräferenz
- Teil D: Erkenntnisse der deskriptiven Entscheidungstheorie
  10. Heuristiken und Biases
  11. Prospect Theory
  12. Debiasing

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

Vorlesung: überwiegend Power-Point-Präsentation per Beamer, ergänzender Einsatz des Presenters, auch übergreifende Übungsaufgaben  
 Übung: Presenter, kleinere Übungs- bzw. alte Klausuraufgaben  
 Lehrmaterial: PDF-Dateien der Vorlesungs-Präsentationen sowie Übungsaufgaben, alte Klausuren auf Moodle und im Copy-Shop verfügbar

### Literatur

Eisenführ, F./Weber, M./Langer, T.: Rationales Entscheiden, 5. A. Berlin u.a. 2010.  
 v. Nitzsch, R.: Entscheidungslehre, 11. Aufl. Wiesbaden 2021.  
 sowie u. a. auch Auszüge aus Kahneman: Schnelles Denken, langsames Denken

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

Kurs: Entscheidungslehre Sommersemester 2023 (tu-ilmenau.de)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021

Bachelor Medienwirtschaft 2021

Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: Finanzwissenschaft 2

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

Modulnummer: 200831	Prüfungsnummer: 2500590
---------------------	-------------------------

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Fritz Söllner

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien			Fachgebiet: 2543

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 Veranstaltung hat die Grundlagen der finanzwissenschaftlichen Steuerlehre vermittelt. Die Studenten haben sich die grundlegenden Prinzipien und Begriffe der finanzwissenschaftlichen Steuerlehre angeeignet. Sie sind mit den Merkmalen und der Wirkungsweise der verschiedenen Steuerarten und der Beziehung zwischen Äquivalenz- und Leistungsfähigkeitsprinzip vertraut. Sie besitzen ein Verständnis für die allokativen und distributiven Aspekte der Besteuerung, für die Implikationen der Optimalsteuertheorie und für die Besonderheiten der internationalen Besteuerung.

Nach der Veranstaltung können die Studenten die grundlegenden Prinzipien und Begriffe der finanzwissenschaftlichen Steuerlehre erklären. Sie sind in der Lage, die verschiedenen Steuerarten miteinander zu vergleichen und die Beziehung zwischen Äquivalenz- und Leistungsfähigkeitsprinzip zu analysieren. Sie verstehen die allokativen und distributiven Aspekte der Besteuerung, die Implikationen der Optimalsteuertheorie und die Besonderheiten der internationalen Besteuerung. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Mikro- und makroökonomische Grundlagen

### Inhalt

Gliederung:

- I. Alternativen der Staatsfinanzierung
  1. Erwerbseinkünfte
  2. Staatliche Kreditaufnahme
  3. Gebühren und Beiträge
  4. Steuern
- II. Steuertechnik
  1. Grundbegriffe
  2. Steuertarife
  3. Gliederungsmöglichkeiten
- III. Das deutsche Steuersystem: Ein Überblick
  1. Steuern auf Einkommensentstehung
  2. Steuern auf Einkommensverwendung
  3. Steuern vom Vermögen
- IV. Die Fundamentalprinzipien der Abgabenerhebung
  1. Äquivalenzprinzip
  2. Leistungsfähigkeitsprinzip
- V. Die Theorie der optimalen Besteuerung
  1. Das Konzept der Zusatzbelastung
  2. Erstbeste Lösungen
  3. Zweitbeste Lösungen
- VI. Steuerüberwälzungslehre
  1. Partielle Gleichgewichtsanalyse
  2. Allgemeine Gleichgewichtsanalyse

## VII. Internationale Aspekte der Besteuerung

1. Internationales Steuerrecht
2. Gerechtigkeit der internationalen Besteuerung
3. Effizienz der internationalen Besteuerung
4. Steuerwettbewerb vs. Steuerharmonisierung

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form  
Erforderlichenfalls gemäß Bekanntgabe/Konkretisierung durch das Fachgebiet.

### Literatur

Blankart, C. B. (2017): Öffentliche Finanzen in der Demokratie, 9. Aufl., München: Vahlen.  
Homburg, S. (2015): Allgemeine Steuerlehre, 7. Aufl., München: Vahlen.  
Reding, K. und Müller, W. (1999): Einführung in die Allgemeine Steuerlehre, München: Vahlen.  
Wellisch, D. (2000): Finanzwissenschaft II, München: Vahlen. Zimmerman, H. et al. (2012): Finanzwissenschaft, 11. Aufl., München: Vahlen.

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=805>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Medienwirtschaft 2021  
Master Wirtschaftsinformatik 2021  
Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Fortgeschrittene Methoden der Investitionsrechnung und Unternehmensbewertung

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

Modulnummer: 200793      Prüfungsnummer: 2500548

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Ralf Trost

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien		Fachgebiet: 2524	

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**

Fußend auf den Grundlagenkenntnissen zur Finanzwirtschaft und zu Kapitalmärkten verfügen die Studierenden über eine über das übliche Basiswissen aus einführenden Kursen hinausgehende Methodenkompetenz auf dem Gebiet der Investitionsbewertung. Nach Besuch der Vorlesung kennen und verstehen sie fortgeschrittene Methoden der Investitionsrechnung ebenso wie Ansätze zur Lösung spezieller Fragestellungen und können diese wegen des Einübens in den Übungen einsetzen. Sie können gewonnene Aussagen aufgrund des fundierten Wissens über die Limitierungen der einzelnen Verfahren kritisch einschätzen und den Einsatz der verschiedenen Verfahren gegeneinander abwägen. Zusätzlich haben die Studierenden eine besonders hohe Methodenkompetenz in Fragen der Unternehmensbewertung gepaart mit fundiertem Wissen über Anwendungsprobleme. Dies befähigt sie, sich "auf Augenhöhe" mit Beratern und Spezialisten zu bewegen, die auf diesem zunehmend wichtig werdenden Gebiet die Unternehmen oft in fremdbestimmte Entscheidungen treiben. Nach den intensiven Diskussionen während der Übungen können die Studierenden Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an. Ihre Kenntnisse und Fertigkeiten für den sicheren und kompetenten Umgang mit der Bewertung von Investitionen - insbesondere auch von Investitionen in ganze Unternehmen - können die Studierenden sowohl bei einschlägigen kaufmännischen Tätigkeiten als auch bei der Abbildung der entsprechenden betriebswirtschaftlichen Prozesse in IT-Systemen nutzbringend einsetzen.

**Vorkenntnisse**

Kenntnisse, wie sie in den Veranstaltungen "Finanzierung und Investition" und "Finanzmärkte" vermittelt werden, denn Inhalt der Veranstaltung ist zum einen die vertiefte Behandlung der Investitionsrechnung. Hierfür müssen die Grundlagen der Investitionsrechnung beherrscht werden, was in "Finanzierung und Investition" vermittelt wird. Unternehmensbewertung zum anderen ist einerseits eine spezielle Investitionsrechnung, so dass dies auch hierfür gilt. Andererseits erfordert die Anwendung der Unternehmensbewertungsverfahren Wissen und Verständnis bezüglich der umgebenden Finanzmärkte, was Gegenstand der Veranstaltung "Finanzmärkte" ist.

**Inhalt**

- Investitionsrechnung (Vertiefung):
- optimale Nutzungsdauer und Ersatzentscheidung
  - Endwertmethoden, Sollzinssatzmethoden, Baldwin-Rendite
  - explizite und implizite Annahmen dynamischer Verfahren
  - Investitionsentscheidungen unter Unsicherheit, Realloptionsansatz
  - Investitionsprogrammplanung
- Unternehmensbewertung:
- Methodenüberblick
  - Multiplikatorenmethode (Marktwertansatz)
  - Discounted Cashflow-Methoden
  - Ertragswertmethode nach aktuellem IDW-Standard
  - Economic Value Added

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

Vorlesungsskript, Übungsskript, Literaturstudium

## Literatur

Jeweils in der die aktuellsten Auflage:

Trost, Vorlesungsskript Fortgeschrittene Methoden der Investitionsrechnung und Unternehmensbewertung, TU Ilmenau

zur Investitionsrechnung:

- Blohm/Lüder/Schaefer, Investition, München
- Kruschwitz, Investitionsrechnung, München
- Perridon/Steiner/Rathgeber, Finanzwirtschaft der Unternehmung, München

zur Unternehmensbewertung:

- Ballwieser, Unternehmensbewertung, Stuttgart
- Damadoran, Investment valuation, New York
- Drukarczyk/Schüler, Unternehmensbewertung, München
- Mandl/Rabel, Unternehmensbewertung, Wien
- Peemöller, Praxishandbuch der Unternehmensbewertung, Herne/Berlin

## Detailangaben zum Abschluss

## Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=3690>

## verwendet in folgenden Studiengängen:

Master International Business Economics 2021

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Medienwirtschaft 2021

Master Wirtschaftsinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Innovationsmanagement 1

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

Modulnummer: 200673 Prüfungsnummer: 2500509

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Elena Freisinger

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2527

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 Lehrveranstaltung hat den Studierenden ein grundlegendes Verständnis zu den Aufgaben und Prozessen des Innovationsmanagements vermittelt. Sie sind in der Lage, Aufgaben und Prozesse des Innovationsmanagements zu benennen, zu systematisieren und als integralen Bestandteil der Unternehmensführung zu erläutern (Fachkompetenz).  
 Die Studierenden haben im Rahmen der begleitenden Übung das selbständige Einarbeiten in für sie neue Inhalte, das Bearbeiten von Fallstudien sowie die Präsentation ihrer Ideen in Gruppen erlernt. (Methodenkompetenz). Darüber hinaus hat sich durch die Ausarbeitung der Lösungsansätze in Gruppen neben der Fach- und Methoden- auch ihre Sozialkompetenz weiterentwickelt.

### Vorkenntnisse

### Inhalt

In diesem Modul werden grundlegende Fragestellungen aus dem Bereich Innovationsmanagement anhand von Lehrbüchern und Artikeln aus der Literatur vorgestellt und in ihren Implikationen diskutiert. Schwerpunkt bilden dabei u.a. folgende Themen:

1. Einführung und Bedeutung
2. Innovation in Unternehmen
3. Innovationstrategie
4. Innovationskultur
5. Innovationsprozess
6. Kreativität und Ideengenerierung
7. Entwicklung und Implementierung
8. Markteinführung
9. Digitale Technologien
10. Technologiemanagement
11. Q&A

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

Tafelbild, PowerPoint-Folien, Literaturstudium, E-Learning-Plattform Moodle

Geräte und Internet  
 Kamera für Videoübertragung (720p/HD),  
 Mikrofon  
 Internetverbindung (geeignet ist für HD-Audio und -Video-Übertragung: 4 MBit/s),  
 Endgerät, welches die technischen Voraussetzung der benötigten Software erfüllt.  
 Software  
 Installation der Webex-Meeting-Applikation oder browserbasiertes Nutzen der Webex-Meeting-Software

### Literatur

Lehrbücher:

Hauschildt, J.; Salomo, S.; Kock, A.; Schultz, C. (2016): Innovationsmanagement, 6. Aufl., Vahlen  
Vahs, D.; Brem, A. (2015): Innovationsmanagement: Von der Idee zur erfolgreichen Vermarktung, 5. Aufl.,  
Schaeffer Poeschel  
Tidd, J., & Bessant, J. (2013): Managing Innovation  
Weitere Fachartikel werden in der Vorlesung bekannt gegeben und in moodle zur Verfügung gestellt

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4112>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021  
Bachelor Medieningenieurwissenschaften 2023  
Bachelor Medientechnologie 2021  
Bachelor Medienwirtschaft 2021  
Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021  
Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET  
Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB  
Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021  
Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022  
Master Mechatronik 2022  
Master Technische Physik 2023

## Modul: International Trade

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

Modulnummer: 200780 Prüfungsnummer: 2500535

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Thomas Grebel

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2542

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

Students know the nature, scope, direction and development of international trade flows, the reasons and effects of international trade in theory, the motives, instruments and effects of protectionism, the underlying institutions and the instruments of European and international trade regimes. In addition, they are familiar with the adjustment processes under flexible or fixed exchange rates and with the institutions and instruments of the European Monetary Union. Students can explain and forecast real trade flows based on economic theories and describe and assess the effects of tariffs, quotas and non-tariff trade barriers. They are able to explain the European economic order and the effects of the European internal market in internal and external relations both theoretically and scientifically as well as in terms of realpolitik. They possess the analytical competence to apply theoretical concepts to real economic problems. For instance, they are able to present and assess the effects of central exchange rate regimes with their national and international contexts, as well as to present and assess the European Monetary Union with its access requirements, institutions and instruments in theory and in practice. In the exercises, students have learned to work independently on tasks, to present to the group and to receive immediate feedback from the instructor and fellow students as well as to formulate constructive feedback themselves. After intensive discussions during the lectures and especially in a smaller environment during the exercises, the students can correctly assess and appreciate the performance of their fellow students. They take criticism into account, heed comments and accept advice.

### Vorkenntnisse

BA-Abschluss

### Inhalt

Presentation of the real structures of the economy at the international level, classical theories of international trade, modern real theory of foreign trade, manifestations, causes and instruments of protectionism, trade regimes at the European and international levels, theoretical exchange rate regimes, European and international monetary regimes.

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

Internet access, a technical device (e.g. laptop), and a communication software (webex)

### Literatur

Krugman, P.R./Obstfeld, M./Melitz, M.J. (2022), International Economics: Theory and Policy, Global Edition, 12<sup>th</sup> edition, Global edition, Harlow, England

### Detailangaben zum Abschluss

Written exam, 90 minutes

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=301>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Master International Business Economics 2021
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022
- Master Media and Communication Science 2021
- Master Medienwirtschaft 2021
- Master Wirtschaftsinformatik 2021
- Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Internes Rechnungswesen

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

Modulnummer: 200162 Prüfungsnummer: 2500463

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Michael Grüning

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2521

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			
				3	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Studenten sind in der Lage das interne Rechnungswesen als alternatives Rechnungslegungsmodell zum externen Rechnungswesen zu erkennen. Sie können den realen Werteverzehr in Unternehmen in Kostenrechnungsmodellen abbilden und sind in der Lage, die Kostensituation auf Basis der Modelldaten zu interpretieren, zu analysieren und zu beurteilen sowie Maßnahmen zur Kostengestaltung zu generieren. Während der Übungen lösen Studenten Anwendungsfälle und können nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Externes Rechnungswesen

### Inhalt

Das Fach vermittelt ein grundlegendes Verständnis des internen Rechnungswesens aus entscheidungsorientierter Perspektive. Neben der Abgrenzung zum externen Rechnungswesen werden Zielstellungen des internen Rechnungswesens und verschiedene Instrumente der Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung in Teilkosten- und Vollkostenrechnungen detailliert behandelt. Ein zweiter Schwerpunkt liegt auf Instrumenten der Plankostenrechnung, Break-Even-Analyse, Prozess- und Zielkostenrechnung. An der Schnittstelle zu produktionswirtschaftlichen Themen werden Materialbedarfsplanung und Produktionsprogrammplanung vertieft.

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

Beamer, Overhead-Projektor, Tafel, Schaubilder, Powerpoint-Presentation, Übungsskript

### Literatur

Coenenberg/Fischer/Günther: Kostenrechnung und Kostenanalyse. 9. Aufl. Schäffer-Poeschel : Stuttgart, 2016

### Detailangaben zum Abschluss

schriftliche Klausur

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=4575>

### verwendet in folgenden Studiengängen:

- Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021
- Bachelor Mathematik 2021
- Bachelor Medienwirtschaft 2021
- Bachelor Wirtschaftsinformatik 2021
- Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET
- Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB
- Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

## Modul: **Klassische und moderne Analyseansätze der Finanzwirtschaft**

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 20 min      Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch      Pflichtkennz.: Wahlmodul      Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200794      Prüfungsnummer: 2500549

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Ralf Trost

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 116	SWS: 3.0
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien			Fachgebiet: 2524

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

Ausgehend von fundierter Kenntnis der (neo-)klassischen Finanzierungstheorie verfügen die Studierenden nach Besuch der Vorlesung über vertieftes Wissen hinsichtlich der Möglichkeiten und Grenzen sowohl der herkömmlichen Kapitalmarktansätze als auch alternativer Ansätze (insbesondere der aktuell im Fokus des wissenschaftlichen Interesses stehenden Behavioral Finance). Durch die Diskussionen in den Übungen sind die Studierenden in besonderer Weise befähigt zur kritischen Reflexion der verschiedenen Theorieansätze und ihrer Nützlichkeit für die Praxis. Sie sind somit in der Lage, wesentlich fundiertere finanzwirtschaftliche Entscheidungen zu treffen als Personen ohne dieses Hintergrundwissen. Die Studierenden haben gelernt, Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einzuschätzen und zu würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Kenntnisse, wie sie in der Veranstaltung "Finanzmärkte" vermittelt werden, denn Studierende, welche die Veranstaltung "Finanzmärkte" besucht haben, beherrschen insbesondere die (neo-)klassische Finanzierungstheorie als Basis finanzwirtschaftlicher Entscheidungen. Dies stellt den Ausgangspunkt dar, von dem aus die hier vermittelten neueren Ansätze versuchen, vorhandene Defizite zu beheben.

### Inhalt

- Klassische Kapitalmarkttheorie: Empirie und Modellmodifikationen
- Faktormodelle und Arbitrage Pricing Theory (APT)
- Entscheidungstheoretische Grundlagen finanzierungstheoretischer Modelle
- Neo-institutionalistische Finanzierungstheorie (Principal Agent Theory)
- Behavioral Finance

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

Vorlesungsskript, Übungsskript, Literaturstudium  
 Moodle-Kurs Klassische und moderne Analyseansätze der Finanzwirtschaft

### Literatur

Jeweils in der die aktuellsten Auflage:  
 Trost, Vorlesungsskript Klassische und moderne Analyseansätze der Finanzwirtschaft, TU Ilmenau Bamberg/Coenenberg, Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre, München

Copeland/Weston/Shastri, Finanzierungstheorie und Unternehmenspolitik, München  
 Goldberg/von Nitzsch, Behavioral Finance,  
 Hull, Optionen, Futures und andere Derivate, München  
 Schmidt/Terberger, Grundzüge der Investitions- und Finanzierungstheorie, Wiesbaden  
 Shleifer, Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance, Oxford

### Detailangaben zum Abschluss

### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmeneau.de/course/view.php?id=3691>

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Medienwirtschaft 2021

Master Wirtschaftsinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Projektmanagement

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

Modulnummer: 200191 Prüfungsnummer: 2500497

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Rainer Souren

Leistungspunkte: 5	Workload (h): 150	Anteil Selbststudium (h): 105	SWS: 4.0							
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien			Fachgebiet: 2522							
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		3 1 0								

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben detaillierte Kenntnisse der Planung, Steuerung, Organisation und des Controllings von Projekten erlangt. Sie beherrschen wichtige entscheidungstheoretische Ansätze zur Projektbewertung und können diese nach dem Besuch der Übung auch auf komplexe Auswahlentscheidungen anwenden. Mit dem Instrumentarium der Netzplantechnik sind sie zudem umfassend vertraut und können dabei Netzpläne unterschiedlicher Art modellieren, auswerten und zumindest rudimentär auch optimieren. Durch die Übung sind die Studierenden in die Lage versetzt, die zentralen Instrumente selbstständig anzuwenden und somit die wesentlichen Schritte des Projektmanagements eigenständig zu durchlaufen. Überdies berücksichtigen sie bei den Diskussionen in Vorlesung und Übung Kritik und beherzigen Anmerkungen zur Lösungsfindung.

### Vorkenntnisse

keine

Aufgrund inhaltlicher Überschneidungen wird Studierenden der BA-Studiengänge WiW und TBWL empfohlen, aus dem Wahlkatalog "Wirtschafts- und Sozialwissenschaften" nicht auch das Modul "Systementwicklung und IT-Projektmanagement" zu belegen.

### Inhalt

Teil A: Grundlagen

1. Einführung in das Projektmanagement: Begriffe, Aufgaben und Planungsgegenstände
2. Projektorganisation und Teammanagement

Teil B: Problemdefinition und Lösungsfindung

3. Ist-Analyse und Problemdefinition
4. Ideenfindung und Lösungsentwürfe
5. Bewertung und Auswahl

Teil C: Projektplanung/-kontrolle mittels Netzplänen

6. Modellkonzept und Arten von Netzplänen
7. Zeitliche Planung und Kontrolle des Projektfortschritts
8. Kapazitätswirtschaftliche Erweiterungen
9. Kosten- und finanzplanerische Erweiterungen
10. Ausgewählte Optimierungsmodelle

Teil D: Erweiterungen klassischer Planungsansätze

11. Stochastische Erweiterungen
12. Agiles Projektmanagement

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

Überwiegend PowerPoint-Präsentationen per Beamer, ergänzt um Tafel- bzw. Presenteranschiebe

### Literatur

Lehrmaterial: Skript (PDF-Dateien) auf Moodle und im Copy-Shop verfügbar. 2 alte Klausuren auf Moodle verfügbar. Zu den einzelnen Kapiteln wird stets eine Kernliteratur angegeben. Die Veranstaltung basiert dabei auf verschiedenen Lehrbüchern und ergänzenden Literaturbeiträgen. Einen guten Überblick über das Projektmanagement (und hierbei insbesondere die Netzplantechnik) liefern u. a. folgende Bücher:

- Clements, J./Gido, J.: Effective Project Management, 5. A., Canada 2012.
- Corsten, H./Corsten, H./Gössinger, R.: Projektmanagement, 2. A. München 2008.
- Schwarze, J.: Projektmanagement mit Netzplantechnik, 9. A., Herne/Berlin 2006.
- Schwarze, J.: Übungen zur Netzplantechnik, 4. A., Herne/Berlin 2006.
- Zimmermann, J./Stark, C./Rieck, J.: Projektplanung: Modelle, Methoden, Management, 2. A., Berlin et al. 2010.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

Kurs: Projektmanagement Sommersemester 2023 (tu-ilmenau.de)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Bachelor Betriebswirtschaftslehre mit technischer Orientierung 2021

Bachelor Medienwirtschaft 2021

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung ET

Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen 2021 Vertiefung MB

Diplom Maschinenbau 2021

Master Elektrotechnik und Informationstechnik 2021

Master Maschinenbau 2022

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Mechatronik 2022

Master Medientechnologie 2017

Master Optische Systemtechnik 2022

## Modul: Umweltökonomie

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

Modulnummer: 200777 Prüfungsnummer: 2500532

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Fritz Söllner

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 116 SWS: 3.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2543

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

Ziel der Veranstaltung ist die Vermittlung der Grundlagen der Umweltökonomie. Die Studenten haben sich die grundlegenden Prinzipien und Begriffe der Umweltökonomie angeeignet. Ihnen sind die wichtigsten umweltökonomischen Zusammenhänge und die Theorie der externen Effekte bekannt. Sie besitzen ein Verständnis der wichtigsten umweltpolitischen Ziele und Instrumente sowie der Besonderheiten internationaler Umweltprobleme.

Als Ergebnis der Veranstaltung können die Studenten die grundlegenden Prinzipien und Begriffe der Umweltökonomie erklären. Sie sind in der Lage, die wichtigsten umweltökonomischen Zusammenhänge und die Wirkungsweise externer Effekte zu analysieren. Sie verstehen die wichtigsten umweltökonomischen Ziele und Instrumente sowie die Besonderheiten internationaler Umweltprobleme. Nach intensiven Diskussionen und Gruppenarbeit während der Übungen können die Studenten Leistungen ihrer Kommilitonen richtig einschätzen und würdigen. Sie berücksichtigen Kritik, beherzigen Anmerkungen und nehmen Hinweise an.

### Vorkenntnisse

Mikroökonomische Grundlagen

### Inhalt

- Gliederung:
- I. Die Theorie externer Effekte
    - 1. Definition
    - 2. Arten
    - 3. Externe Effekte und ökonomische Effizienz
  - II. Umweltpolitische Ziele
    - 1. Schadstoffemissionen und Umweltverschmutzung
    - 2. Schadstoffemissionen und ökonomische Effizienz
    - 3. Die Hypothese der "doppelten Dividende"
    - 4. Effizienz als umweltpolitisches Ziel
  - III. Instrumente der Umweltpolitik
    - 1. Auswahlkriterien
    - 2. Verhandlungslösung
    - 3. Haftungsrecht
    - 4. Ordnungsrecht
    - 5. Steuern
    - 6. Zertifikate
    - 7. Räumliche Aspekte
  - IV. Umweltpolitik bei unvollständiger Information
    - 1. Informationsdefizite
    - 2. Umweltpolitische Instrumente
    - 3. Transaktionskosten
  - V. Internationale Umweltprobleme
    - 1. Spieltheoretische Grundlagen
    - 2. Internationale Umweltabkommen
    - 3. Der Schutz der Ozonschicht

#### 4. Klimawandel und Klimapolitik

Medienformen und technische Anforderungen bei Lehr- und Abschlussleistungen in elektronischer Form  
Erforderlichenfalls gemäß Bekanntgabe/Konkretisierung durch das Fachgebiet.

##### Literatur

Endres, A. (2013): Umweltökonomie, 4. Aufl., Stuttgart: Kohlhammer.

Feess, E. (2013): Umweltökonomie und Umweltpolitik, 4. Aufl., München: Vahlen.

Perman, R. et al.: Natural Resource and Environmental Economics, 4. Aufl., 2011, Harlow: Pearson.

##### Detailangaben zum Abschluss

##### Link zum Moodle-Kurs

<https://moodle2.tu-ilmenau.de/course/view.php?id=804>

##### verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Medienwirtschaft 2021

Master Wirtschaftsinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Modul: Unternehmensethik und Nachhaltigkeitsmanagement

Modulabschluss: Prüfungsleistung mündlich 25 min Art der Notengebung: Gestufte Noten  
 Sprache: Deutsch Pflichtkennz.: Wahlmodul Turnus: Sommersemester

Modulnummer: 200766 Prüfungsnummer: 2500517

Modulverantwortlich: Prof. Dr. Rainer Souren

Leistungspunkte: 5 Workload (h): 150 Anteil Selbststudium (h): 105 SWS: 4.0  
 Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Medien Fachgebiet: 2522

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			
				3	1	0																														

### Lernergebnisse / Kompetenzen

Die Studierenden haben wesentliche Inhalte verschiedener ethischer Grundhaltungen sowie Konzepte und Instrumente einer moralischen und nachhaltigen Unternehmensführung kennengelernt und können diese auf unterschiedliche betriebswirtschaftliche Fragestellungen anwenden. Sie sind in der Lage, verschiedene unternehmensethische Prinzipien (Nachhaltigkeit, CSR, Corporate Citizenship) in akteurs- und prozessorientierte Beziehungsgefüge einzuordnen und die Verantwortung der verschiedenen Akteure zu benennen. (Steigerung der Fach- und Methodenkompetenz, Lernergebnisse: Analysieren, Beurteilen). Die Veranstaltung versetzt die Studierenden zudem in die Lage, unternehmenspraktische Probleme fundiert zu diskutieren und diverse Entscheidungssituation (Fallstudien) abzuwägen (Steigerung der Sozialkompetenz, Lernergebnisse: Analysieren, Abwägen im Diskurs, Argumentieren)

### Vorkenntnisse

Keine

### Inhalt

- Teil A: Moral und Nachhaltigkeit als Basis des gesellschaftlichen Lebens
1. Gedankenexperimente zu moralischem Handeln
  2. Grundbegriffe und Denkrichtungen
  3. Nachhaltigkeit als sozio-ökonomisches Leitprinzip
  4. Institutioneller Rahmen eines moralisch-nachhaltigen Wirtschaftssystems
- Teil B: Ausgewählte Aspekte moralisch-nachhaltiger Unternehmensführung
5. Normative Leitprinzipien und Basisstrategien
  6. Managementinstrumente
  7. Personalmanagement
- Teil C: Moralisch-nachhaltiges Wertschöpfungsmanagement
8. Produkt- und Innovationsmanagement
  9. Marketing
  10. Produktion und Logistik
  11. Gestaltung globaler Lieferketten

Ergänzt um zahlreiche Fallstudien.

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

Vorlesung: überwiegend Power-Point-Präsentationen, ergänzender Einsatz des Presenters  
 Übung: PowerPoint, ergänzend Presenter  
 Lehrmaterial: PDF-Dateien der Präsentationen im Moodle-System

### Literatur

Begleitliteratur (ergänzt um zahlreiche Beiträge zu den einzelnen Kapiteln):

- Arnold, D. G./Beauchamp, T. L./Bowie, N. E.: Ethical Theory and Business, 10. ed., New Jersey 2020.
- Bowie, N. E.: Business Ethics: A Kantian Perspective, 2. ed., Cambridge 2017.
- Crane, A./Matten, D.: Business Ethics, 4. ed., Oxford 2016.
- Crane, A./Matten, D./Spence, J.: Corporate Social Responsibility, 2. ed., New York 2014.

- Dyckhoff, H./Souren, R.: Nachhaltige Unternehmensführung, Berlin et al. 2008.
- Göbel, E.: Unternehmensethik, 4. Aufl., Stuttgart 2016.
- Sandel, M. J.: Justice, New York 2010.

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

Kurs: Unternehmensethik und Nachhaltigkeitsmanagement Sommersemester 2023 (tu-ilmenau.de)

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022

Master Medientechnologie 2017

Master Medienwirtschaft 2021

Master Regenerative Energietechnik 2022

Master Wirtschaftsinformatik 2021

Master Wirtschaftsingenieurwesen 2021

## Masterarbeit mit Kolloquium

Fachabschluss: mehrere Teilleistungen Art der Notengebung: Generierte Noten  
 Sprache: Pflichtkennz.: Pflichtmodul Turnus: ganzjährig

Fachnummer: 201108 Prüfungsnummer: 99000

Fachverantwortlich:

Leistungspunkte: 30 Workload (h): 900 Anteil Selbststudium (h): 900 SWS: 0.0  
 Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften Fachgebiet: 241

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

Vorkenntnisse

Inhalt

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

Literatur

Detailangaben zum Abschluss

Link zum Moodle-Kurs

verwendet in folgenden Studiengängen:

Master Mathematik und Wirtschaftsmathematik 2022



## **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)