



UNIVERSITÄT  
DES  
SAARLANDES

FAKULTÄT FÜR MATHEMATIK UND INFORMATIK

MODULHANDBUCH

## **Eingebettete Systeme BSc**

4. Februar 2024

---

## **Liste der Modulbereiche und Module**

<b>1</b>	<b>Pflichtbereich</b>	<b>3</b>
1.1	Einführung in Eingebettete Systeme . . . . .	4
1.2	Embedded Systems . . . . .	5
1.3	Grundlagen der Elektrotechnik 1 . . . . .	7
1.4	Höhere Mathematik für Ingenieure I . . . . .	8
1.5	Höhere Mathematik für Ingenieure II . . . . .	9
1.6	Höhere Mathematik für Ingenieure III . . . . .	10
1.7	Perspektiven der Informatik . . . . .	11
1.8	Programmierung 1 . . . . .	12
1.9	Programmierung 2 . . . . .	14
1.10	Proseminar . . . . .	16
1.11	Software Engineering Lab . . . . .	18
<b>2</b>	<b>Wahlpflichtbereich Informatik</b>	<b>20</b>
2.1	Digital Transmission & Signal Processing . . . . .	21
2.2	Grundzüge der Theoretischen Informatik . . . . .	23
2.3	Grundzüge von Algorithmen und Datenstrukturen . . . . .	25
2.4	Nebenläufige Programmierung . . . . .	26
2.5	Systemarchitektur . . . . .	29
<b>3</b>	<b>Wahlpflichtbereich Engineering</b>	<b>31</b>
3.1	Elektronische Systeme . . . . .	32
3.2	Grundlagen der Automatisierungstechnik . . . . .	33
3.3	Grundlagen der Signalverarbeitung . . . . .	34
3.4	Mikroelektronik 1 . . . . .	35
3.5	Schaltungstechnik . . . . .	36
3.6	Systemtheorie und Regelungstechnik 1 . . . . .	38
<b>4</b>	<b>Stammvorlesungen</b>	<b>39</b>
4.1	Audio/Visual Communication and Networks . . . . .	40

4.2	Aufbau- und Verbindungstechnik 1	42
4.3	Automation Systems	43
4.4	Compiler Construction	44
4.5	Computational Electromagnetics 1	45
4.6	Computational Electromagnetics 2	46
4.7	Computer Architecture	47
4.8	Data Networks	49
4.9	Digital Signal Processing	51
4.10	Digital Transmission & Signal Processing	52
4.11	Distributed Systems	54
4.12	Einführung in die elektromagnetische Feldsimulation	55
4.13	Elektrische Antriebe	57
4.14	Elektronik / Bauelemente	58
4.15	High Speed Electronics	59
4.16	High-Frequency Engineering	61
4.17	Image Processing and Computer Vision	63
4.18	Internet Transport	65
4.19	Messtechnik und Sensorik	67
4.20	Mikroelektronik 2	69
4.21	Mikroelektronik 3	70
4.22	Mikroelektronik 4	71
4.23	Mikromechanische Bauelemente	72
4.24	Mikrotechnologie	73
4.25	Neural Networks: Theory and Implementation	74
4.26	Operating Systems	75
4.27	Security	77
4.28	Software Engineering	78
4.29	Statistical Natural Language Processing	80
4.30	Systemtheorie und Regelungstechnik 1	81
4.31	Systemtheorie und Regelungstechnik 2	82
4.32	Theoretische Elektrotechnik 2	84
4.33	Verification	86
<b>5</b>	<b>Bachelor-Seminar und -Arbeit</b>	<b>87</b>
5.1	Bachelor-Arbeit	88
5.2	Bachelor-Seminar	89

**Modulbereich 1**

---

**Pflichtbereich**

# Einführung in Eingebettete Systeme

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Bernd Finkbeiner

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns  
Prof. Dr. Bernd Finkbeiner  
Prof. Dr. Jan Reineke

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Es werden 6 benotete Leistungspunkte vergeben, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

1. erfolgreiche Teilnahme an zwei Teilklausuren in der Mitte und am Ende des Semesters oder erfolgreiche Teilnahme an einer Teilklausur und der Nachklausur
2. erfolgreiche Teilnahme an den Übungen: Abgabe eines kleinen Entwicklungsprojekts und Erreichen von mehr als der Hälfte der möglichen Punkte bei kurzen Multiple-Choice-Tests in den Übungsstunden.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 2 SWS Übung  
= 4 SWS

**Arbeitsaufwand** 80 h Präsenzstudium  
+ 100 h Eigenstudium  
= 180 h (= 6 ECTS)

**Modulnote** Die Note wird aus den Ergebnissen der zwei bestandenen (Teil-)Klausuren berechnet.

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden lernen grundlegende Methoden für das Design, die Implementierung und die Validierung von eingebetteten Systemen kennen.

## Inhalt

Eingebettete Systeme spielen eine zentrale Rolle in zahllosen technischen Systemen des Alltags, von Waschmaschinen, Unterhaltungselektronik, Flugzeugen, bis hin zu komplexen Fertigungsanlagen. Ein eingebettetes System ist ein Rechnersystem, welches in ein Gerät eingebaut ist. Es übernimmt in diesem Gerät meist Überwachungs-, Regelungs- oder Steuerfunktionen, erfasst dazu Sensorwerte und steuert Aktuatoren an, kommuniziert mit anderen Geräten und erledigt Aufgaben der Signalverarbeitung. Die Vorlesung gibt einen Überblick über grundlegende Methoden für die Entwicklung eingebetteter Systeme. Schwerpunktthemen sind Spezifikationstechniken, Hardware/Software Codesign, Scheduling, Validierung und Verifikation.

## Literaturhinweise

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>2-4</b>	<b>2-4</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Bernd Finkbeiner, Ph.D

**Dozent/inn/en** Prof. Bernd Finkbeiner, Ph.D  
Prof. Dr. Martina Maggio

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Written exam at the end of the course.
- Demonstration of the implemented system.
- A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

The course is accompanied by a laboratory project, in which a non-trivial embedded system has to be realized.

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined from performance in exams, exercises and practical tasks. The exact modalities will be announced at the beginning of the module.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

The students should learn methods for the design, the implementation, and the validation of safety-critical embedded systems.

## Inhalt

Embedded Computer Systems are components of a technical system, e.g. an air plane, a car, a household machine, a production facility. They control some part of this system, often called the plant, e.g. the airbag controller in a car controls one or several airbags. Controlling means obtaining sensor values and computing values of actuator signals and sending them.

Most software taught in programming courses is transformational, i.e. it is started on some input, computes the corresponding output and terminates. Embedded software is reactive, i.e. it is continuously active waiting for signals from the plant and issuing signals to the plant.

Many embedded systems control safety-critical systems, i.e. malfunctioning of the system will in general cause severe damage. In addition, many have to satisfy real-time requirements, i.e. their reactions to input have to be produced within fixed deadlines.

According to recent statistics, more than 99

markdownRendererInterblockSeparator The course will cover most aspects of the design and implementation of embedded systems, e.g. specification mechanisms, embedded hardware, operating systems, scheduling, validation methods.

## Literaturhinweise

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. habil. Herbert Kliem

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. habil. Herbert Kliem  
Mitarbeiter des Lehrstuhls

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** benotete schriftliche Abschlussprüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 45 h Vorlesungen und Übungen  
+ 60 h Vor- und Nachbereitung  
+ 45 h Klausurvorbereitung  
= 150 h (= 5 ECTS)

**Modulnote** benotete Prüfung

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Grundlagen des elektrisches Feldes, des magnetischen Feldes und des elektrischen Strömungsfeldes, Gleichstromkreise

## Inhalt

- Das statische elektrische Feld
- Bewegliche Ladungen im elektrischen Feld
- Zweipole und Zweipolnetze
- Zeitlich konstantes Magnetfeld
- Elektromagnetische Induktion
- Die Maxwell-Gleichungen

## Literaturhinweise

- E. Philippow: Grundlagen der Elektrotechnik
- W. Ameling: Grundlagen der Elektrotechnik I - IV
- G. Bosse: Grundlagen der Elektrotechnik I - IV und Übungsbuch



Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Studiendekan bzw. Studienbeauftragter der Fakultät NT

**Dozent/inn/en** Dozent/inn/en der Mathematik

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** benotete schriftliche Abschlussprüfung; Die Zulassung zur Prüfung erfordert die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben (Bekanntgabe der genauen Regeln zu Beginn der Lehrveranstaltung)

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 SWS Vorlesung  
+ 2 SWS Übung  
= 6 SWS

**Arbeitsaufwand** 90 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 120 h Vor- und Nachbereitung, Übungsbearbeitung  
+ 60 h Klausurvorbereitung  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Abschlussprüfungsnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Beherrschung der grundlegenden Begriffe, Methoden und Techniken der Analysis und linearen Algebra sowie die Fähigkeit, diese in ersten Anwendungen umzusetzen (auch mithilfe von Computern).

## Inhalt

- Aussagen, Mengen und Funktionen
- Zahlbereiche: **N**, **Z**, **Q**, **R**, vollständige Induktion
- Kombinatorik, Gruppen, Körper
- Reelle Funktionen, Polynominterpolation
- Folgen, Reihen, Maschinenzahlen
- Funktionenfolgen, Potenzreihen, Exponentialfunktion
- Der **Rn**: Vektorraum, Geometrie und Topologie
- Die komplexen Zahlen

## Literaturhinweise

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

## Weitere Informationen

*Methoden:* Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit (Nacharbeit, aktive Teilnahme an den Übungen).

*Anmeldung:* Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>jedes Sommersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Studiendekan bzw. Studienbeauftragter der Fakultät NT

**Dozent/inn/en** Dozent/inn/en der Mathematik

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** benotete schriftliche Abschlussprüfung; Die Zulassung zur Prüfung erfordert die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben (Bekanntgabe der genauen Regeln zu Beginn der Lehrveranstaltung)

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 SWS Vorlesung  
+ 2 SWS Übung  
= 6 SWS

**Arbeitsaufwand** 90 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 120 h Vor- und Nachbereitung, Übungsbearbeitung  
+ 60 h Klausurvorbereitung  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Abschlussprüfungsnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Sicherer Umgang mit Matrizen, linearen Abbildungen und der eindimensionalen Analysis inkl. numerischer Anwendungen. Erster Einblick in die Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen. Fähigkeit, den erlernten Stoff zur Lösung konkreter Probleme anzuwenden.

## Inhalt

- Matrizen und lineare Gleichungssysteme
- Lineare Abbildungen
- Stetige Funktionen (auch in mehreren Veränderlichen)
- Differentialrechnung in einer Veränderlichen
- Eindimensionale Integration (inkl. Numerik)
- Satz von Taylor, Fehlerabschätzungen
- Gewöhnliche lineare Differentialgleichungen

## Literaturhinweise

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

## Weitere Informationen

*Methoden:* Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit (Nacharbeit, aktive Teilnahme an den Übungen).

*Anmeldung:* Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Studiendekan bzw. Studienbeauftragter der Fakultät NT

**Dozent/inn/en** Dozent/inn/en der Mathematik

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** benotete schriftliche Abschlussprüfung; Die Zulassung zur Prüfung erfordert die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben (Bekanntgabe der genauen Regeln zu Beginn der Lehrveranstaltung)

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 SWS Vorlesung  
+ 2 SWS Übung  
= 6 SWS

**Arbeitsaufwand** 90 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 120 h Vor- und Nachbereitung, Übungsbearbeitung  
+ 60 h Klausurvorbereitung  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Abschlussprüfungsnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Spektraltheorie quadratischer Matrizen und deren Anwendung auf Systeme linearer gewöhnlicher Differentialgleichungen erster Ordnung. Analysis von Funktionen mehrerer Veränderlicher. Vorstellungsvermögen für abstrakte und geometrische Strukturen in konkreten Problemen.

## Inhalt

- Spektraltheorie quadratischer Matrizen
- Systeme linearer gewöhnlicher Differentialgleichungen erster Ordnung
- Differentialrechnung von Funktionen mehrerer Veränderlicher
- Kurvenintegrale
- Integralrechnung im  $\mathbf{R}^n$
- Integralsätze der Vektoranalysis

## Literaturhinweise

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

## Weitere Informationen

*Methoden:* Information durch Vorlesung; Vertiefung durch Eigentätigkeit (Nacharbeit, aktive Teilnahme an den Übungen).

*Anmeldung:* Bekanntgabe jeweils rechtzeitig vor Semesterbeginn durch Aushang und im Internet

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

**Modulverantwortliche/r** Studiendekan der Fakultät Mathematik und Informatik  
Studienbeauftragter der Informatik

**Dozent/inn/en** Dozent/inn/en der Fachrichtung

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Nachweis über das inhaltliche Verständnis von mindestens drei Vorträgen, z.B. durch schriftliche Ausarbeitung oder Test.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzstudium  
+ 30 h Eigenstudium  
= 60 h (= 2 ECTS)

**Modulnote** Das Modul ist insgesamt bestanden, wenn die Prüfungsleistung bestanden wurde (unbenotet).

**Sprache** Deutsch / English

## Lernziele / Kompetenzen

Frühzeitige Motivierung und Überblick über die zentralen wissenschaftlichen Fragestellungen der Informatik, sowie über die Kompetenzen der Saarbrücker Informatik.

## Inhalt

Vorträge durch wöchentlich wechselnde Dozent/inn/en bieten einen Querschnitt durch die Forschungsthemen der Saarbrücker Informatik. Die Themen spannen einen attraktiven Bogen von aktuellster Forschung zu anspruchsvollen Problemen der industriellen Praxis.

## Literaturhinweise

Material wird passend zu den zu den einzelnen Vorträgen bereitgestellt.

## Weitere Informationen

Dieses Modul ist inhaltsgleich mit dem englischsprachigen Modul *Perspectives in Computer Science*.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Gert Smolka

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Gert Smolka  
 Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns  
 Prof. Bernd Finkbeiner, Ph.D

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- zwei Klausuren (Mitte und Ende der Vorlesungszeit)
- Die Note wird aus den Klausuren gemittelt und kann durch Leistungen in den Übungen verbessert werden.
- Eine Nachklausur findet innerhalb der letzten beiden Wochen vor Vorlesungsbeginn des Folgesemesters statt.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 SWS Vorlesung  
 + 2 SWS Übung  
 = 6 SWS

**Arbeitsaufwand** 90 h Präsenzstudium  
 + 180 h Eigenstudium  
 = 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktischen Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.

**Sprache** Deutsch und Englisch

## Lernziele / Kompetenzen

- höherstufige, getypte funktionale Programmierung anwenden können
- Verständnis rekursiver Datenstrukturen und Algorithmen, Zusammenhänge mit Mengenlehre
- Korrektheit beweisen und Laufzeit abschätzen
- Typabstraktion und Modularisierung verstehen
- Struktur von Programmiersprachen verstehen
- einfache Programmiersprachen formal beschreiben können
- einfache Programmiersprachen implementieren können
- anwendungsnahe Rechenmodelle mit maschinennahen Rechenmodellen realisieren können
- Praktische Programmiererfahrung, Routine im Umgang mit Interpretern und Übersetzern

## Inhalt

- Funktionale Programmierung
- Algorithmen und Datenstrukturen (Listen, Bäume, Graphen; Korrektheitsbeweise; asymptotische Laufzeit)
- Typabstraktion und Module
- Programmieren mit Ausnahmen
- Datenstrukturen mit Zustand
- Struktur von Programmiersprachen (konkrete und abstrakte Syntax, statische und dynamische Syntax)
- Realisierung von Programmiersprachen (Interpreter, virtuelle Maschinen, Übersetzer)

## **Literaturhinweise**

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet

## **Weitere Informationen**

Dieses Modul ist inhaltsgleich mit dem englischsprachigen Modul *Programming 1*.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>jedes Sommersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Sebastian Hack

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Sebastian Hack  
Prof. Dr. Jörg Hoffmann

**Zulassungsvoraussetzungen** *Programmierung 1* und *Mathematik für Informatiker 1* und Mathematikveranstaltungen im Studiensemester oder vergleichbare Kenntnisse aus sonstigen Mathematikveranstaltungen (empfohlen)

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Prüfungsleistungen werden in zwei Teilen erbracht, die zu gleichen Teilen in die Endnote eingehen. Um die Gesamtveranstaltung zu bestehen, muss jeder Teil einzeln bestanden werden.

Im **Praktikumsteil** müssen die Studierenden eine Reihe von Programmieraufgaben selbstständig implementieren. Diese Programmieraufgaben ermöglichen das Einüben der Sprachkonzepte und führen außerdem komplexere Algorithmen und Datenstrukturen ein. Automatische Tests prüfen die Qualität der Implementierungen. Die Note des Praktikumsteils wird maßgeblich durch die Testergebnisse bestimmt.

Im **Vorlesungsteil** müssen die Studierenden Klausuren absolvieren und Übungsaufgaben bearbeiten. Die Aufgaben vertiefen dabei den Stoff der Vorlesung. Die Zulassung zu der Klausur hängt von der erfolgreichen Bearbeitung der Übungsaufgaben ab.

Im Praktikumsteil kann eine Nachaufgabe angeboten werden

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 SWS Vorlesung  
+ 2 SWS Übung  
= 6 SWS

**Arbeitsaufwand** 90 h Präsenzstudium  
+ 180 h Eigenstudium  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktischen Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben

**Sprache** Deutsch und Englisch

## Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden lernen die Grundprinzipien der imperativen /objektorientierten Programmierung kennen. Dabei wird primär Java als Programmiersprache verwendet.

In dieser Vorlesung lernen sie:

- wie Rechner Programme ausführen
- Die Grundlagen imperativer und objektorientierter Sprachen
- kleinere, wohlstrukturierte Programme in C zu schreiben
- mittelgroße objektorientierte Systeme in Java zu implementieren und zu testen
- sich in wenigen Tagen eine neue imperative/objektorientierte Sprache anzueignen, um sich in ein bestehendes Projekt einzuarbeiten

## **Inhalt**

- Imperatives Programmieren
- Objekte und Klassen
- Klassendefinitionen
- Objektinteraktion
- Objektsammlungen
- Objekte nutzen und testen
- Vererbung
- Dynamische Bindung
- Fehlerbehandlung
- Klassendesign und Modularität
- Systemnahe Programmierung

sowie spezifische Vorlesungen für die Programmieraufgaben.

## **Literaturhinweise**

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet

## **Weitere Informationen**

Dieses Modul ist inhaltsgleich mit dem englischsprachigen Modul *Programming 2*.



Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>4</b>	<b>4</b>	<b>jedes Semester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>2</b>	<b>5</b>

**Modulverantwortliche/r** Studiendekan der Fakultät Mathematik und Informatik  
Studienbeauftragter der Informatik

**Dozent/inn/en** Dozent/inn/en der Fachrichtung

**Zulassungsvoraussetzungen** Grundlegende Kenntnisse im jeweiligen Teilbereich des Studienganges.

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Thematischer Vortrag mit anschließender Diskussion
- Aktive Teilnahme an der Diskussion
- Gegebenenfalls kurze schriftliche Ausarbeitung und/oder Projekt

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Proseminar

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzstudium  
+ 120 h Eigenstudium  
= 150 h (= 5 ECTS)

**Modulnote** Wird aus den Leistungen im Vortrag und der schriftlichen Ausarbeitung und/oder dem Seminarprojekt ermittelt. Die genauen Modalitäten werden von dem/der jeweiligen Dozenten/in bekannt gegeben.

**Sprache** Deutsch oder Englisch

## Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden haben am Ende der Veranstaltung ein grundlegendes Verständnis aktueller oder fundamentaler Aspekte eines spezifischen Teilbereiches der Informatik erlangt.

Sie haben insbesondere grundlegende Kompetenz im eigenständigen wissenschaftlichen Recherchieren, Einordnen, Zusammenfassen, Diskutieren, Kritisieren und Präsentieren von wissenschaftlichen Erkenntnissen gewonnen.

Im Vergleich zum Seminar liegt der Fokus beim Proseminar auf der Aneignung der grundlegenden wissenschaftlichen Arbeitsweisen.

## Inhalt

Unter Anleitung werden folgende Punkte praktisch geübt:

- Lesen und Verstehen wissenschaftlicher Arbeiten
- Diskutieren der Arbeiten in der Gruppe
- Analysieren, Zusammenfassen und Wiedergeben des spezifischen Themas
- Präsentationstechnik

Spezifische Vertiefung in Bezug auf das individuelle Thema des Seminars.

Der typische Ablauf eines Proseminars ist üblicherweise wie folgt:

- Vorbereitende Gespräche zur Themenauswahl
- Regelmäßige Treffen mit Diskussion ausgewählter Beiträge
- ggf. Bearbeitung eines themenbegleitenden Projekts
- Vortrag und ggf. Ausarbeitung zu einem der Beiträge

## **Literaturhinweise**

Material wird dem Thema entsprechend ausgewählt.

## **Weitere Informationen**

Die jeweils zur Verfügung stehenden Proseminare werden vor Beginn des Semesters angekündigt und unterscheiden sich je nach Studiengang.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>3</b>	<b>3</b>	lecture free time after SS	7 weeks	<b>BLOCK</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Sven Apel

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Sven Apel

**Zulassungsvoraussetzungen** Participation in the Software Engineering Lab requires extensive programming skills as taught in the courses *Programming 1* and *Programming 2*. A passing grade in *Programming 2* is required to enroll in this course.

Students are required to bring their own laptops.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** The goal of the Software Engineering Lab is to develop a non-trivial software system, partly in team effort and partly in individual effort. In this course, a number of documents (design models, documentation, etc.) and artifacts (source code, tests, etc.) need to be developed and submitted. Correctness, quality, and timely submission of all documents and artifacts are major grading criteria.

The Software Engineering Lab consists of three phases: exercise, group, and individual phase. In the *exercise phase*, participants will complete an entry exam (mini-tests), covering current topics from the lecture.

In the *group phase*, participants will design, implement, and test a substantial software system in a team effort. Only participants that have passed the exercise phase will be admitted to the group phase.

In the *individual phase*, participants will design, develop, and test a smaller system (or extension to a larger system) in an individual effort. Only participants that have passed the group phase will be admitted to the individual phase.

All documents (design models, documentation, etc.) and artifacts (source code, tests, etc.) of the three phases will be evaluated based on the principles and quality standard conveyed in the lectures. More details on the exams will be announced at the beginning of the course.

**Lehrveranstaltungen / SWS** Daily exercises and lectures (first few weeks)  
Daily project work with tutoring

**Arbeitsaufwand** 35 h of lectures and exercises  
+ 235 h project work  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** ungraded

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Participants acquire the ability to solve complex software development problems individually and in teams.

Participants are aware of common problems and pitfalls of software development and know how to address them.

Participants are able to accomplish and coordinate software development tasks based on a set of given requirements. For this purpose, they are able to select proper methods and techniques to minimize risks and maximize software quality.

Participants know about foundations and principles of software design, including cohesion, coupling, modularity, encapsulation, abstraction, and information hiding. They are acquainted with a whole array of design patterns, knowing their aim and individual strengths and weaknesses. They are able to apply design patterns beneficially and to judge and improve the quality of software designs.

Participants master fundamental techniques and tools for software testing, debugging, and version control.

## Inhalt

- Software design
- Software testing
- Team work
- Debugging

## Literaturhinweise

- Software Engineering. I. Sommerville, Addison-Wesley, 2004.
- Software Engineering: A Practitioner's Approach. R. Pressman, McGraw Hill Text, 2001.
- Using UML: Software Engineering with Objects and Components. P. Stevens, et al., Addison-Wesley, 1999.
- UML Distilled. M. Fowler, et al., Addison-Wesley, 2000.
- Objects, Components and Frameworks with UML, D. D'Souza, et al., Addison-Wesley, 1999.
- Designing Object-Oriented Software. R. Wirfs-Brock, et al., Prentice Hall, 1990.
- Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software. E. Gamma, et al., Addison-Wesley, 1995.
- Head First Design Patterns. E. Freeman, et al. O'Reilly, 2004.
- Software Architecture: Perspectives on an Emerging Discipline. M. Shaw, et al., Prentice-Hall, 1996.
- Refactoring: Improving the Design of Existing Code. M. Fowler, et al., Addison-Wesley, 1999.
- Software Testing and Analysis: Process, Principles and Techniques. M. Pezze, Wiley. 2007.

## Weitere Informationen

This module is identical in content to the German-language module *Softwarepraktikum*.

**Modulbereich 2**

---

**Wahlpflichtbereich Informatik**

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5 5</b>	<b>5 6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Thorsten Herfet

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Thorsten Herfet

**Zulassungsvoraussetzungen** The lecture requires a solid foundation of mathematics (differential and integral calculus) and probability theory. The course will, however, refresh those areas indispensably necessary for telecommunications and potential intensification courses and by this open this potential field of intensification to everyone of you.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Regular attendance of classes and tutorials  
 Passing the final exam in the 2nd week after the end of courses.  
 Eligibility: Weekly exercises / task sheets, grouped into two blocks corresponding to first and second half of the lecture. Students must provide min. 50% grade in each of the two blocks to be eligible for the exam.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
 + 2 h tutorial  
 = 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
 + 180 h private study  
 = 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Final exam mark

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Digital Signal Transmission and Signal Processing refreshes the foundation laid in "Signals and Systems" [Modulkennung]. Including, however, the respective basics so that the various facets of the introductory study period (Bachelor in Computer Science, Vordiplom Computer- und Kommunikationstechnik, Elektrotechnik or Mechatronik) and the potential main study period (Master in Computer Science, Diplom-Ingenieur Computer- und Kommunikationstechnik or Mechatronik) will be paid respect to.

## Inhalt

As the basic principle, the course will give an introduction into the various building blocks that modern telecommunication systems do incorporate. Sources, sinks, source and channel coding, modulation and multiplexing are the major keywords, but we will also deal with dedicated pieces like A/D- and D/A-converters and quantizers in a little bit more depth.

The course will refresh the basic transformations (Fourier, Laplace) that give access to system analysis in the frequency domain, it will introduce derived transformations (z, Hilbert) for the analysis of discrete systems and modulation schemes and it will briefly introduce algebra on finite fields to systematically deal with error correction schemes that play an important role in modern communication systems.

## Literaturhinweise

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

## **Weitere Informationen**

This module was formerly also known as *Telecommunications I*.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Raimund Seidel

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Raimund Seidel  
 Prof. Dr. Bernd Finkbeiner  
 Prof. Dr. Kurt Mehlhorn  
 Prof. Dr. Markus Bläser

**Zulassungsvoraussetzungen** *Programmierung 1 und 2 und Mathematik für Informatiker 1 und 2* oder vergleichbare Veranstaltungen der Mathematik sind empfohlen.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsaufgaben berechtigt zur Klausurteilnahme.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 SWS Vorlesung  
 + 2 SWS Übung  
 = 6 SWS

**Arbeitsaufwand** 90 h Präsenzstudium  
 + 180 h Eigenstudium  
 = 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktischen Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.

**Sprache** Englisch

## Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden kennen verschiedene Rechenmodelle und ihre relativen Stärken und Mächtigkeiten.

Sie können für ausgewählte Probleme zeigen, ob diese in bestimmten Rechenmodellen lösbar sind oder nicht.

Sie verstehen den formalen Begriff der Berechenbarkeit wie auch der Nicht-Berechenbarkeit.

Sie können Probleme aufeinander reduzieren.

Sie sind vertraut mit den Grundzügen der Ressourcenbeschränkung (Zeit, Platz) für Berechnungen und der sich daraus ergebenden Komplexitätstheorie.

## Inhalt

Die Sprachen der Chomsky Hierarchie und ihre verschiedenen Definitionen über Grammatiken und Automaten; Abschlusseigenschaften; Klassifikation von bestimmten Sprachen („Pumping lemmas“);

Determinismus und Nicht-Determinismus;

Turing Maschinen und äquivalente Modelle von allgemeiner Berechenbarkeit (z.B.  $\mu$ -rekursive Funktionen, Random Access Machines) Reduzierbarkeit, Entscheidbarkeit, Nicht-Entscheidbarkeit;

Die Komplexitätsmaße Zeit und Platz; die Komplexitätsklassen P und NP;

Grundzüge der Theorie der NP-Vollständigkeit



## **Literaturhinweise**

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

## **Weitere Informationen**

Dieses Modul ist inhaltsgleich mit dem englischsprachigen Modul *Introduction to Theoretical Computer Science*.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Raimund Seidel

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Raimund Seidel  
 Prof. Dr. Kurt Mehlhorn  
 Prof. Dr. Markus Bläser

**Zulassungsvoraussetzungen** *Programmierung 1 und 2, und Mathematik für Informatiker 1 und 2* oder vergleichbare Veranstaltungen der Mathematik sind empfohlen.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter berechtigt zur Klausurteilnahme.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
 + 2 SWS Übung  
 = 4 SWS

**Arbeitsaufwand** 60 h Präsenzstudium  
 + 120 h Eigenstudium  
 = 180 h (= 6 ECTS)

**Modulnote** Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen und praktischen Aufgaben ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.

**Sprache** Englisch

## Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden lernen die wichtigsten Methoden des Entwurfs von Algorithmen und Datenstrukturen kennen: Teile-und-Herrsche, Dynamische Programmierung, inkrementelle Konstruktion, „Greedy“, Dezimierung, Hierarchisierung, Randomisierung. Sie lernen Algorithmen und Datenstrukturen bzgl. Zeit- und Platzverbrauch für das übliche RAM Maschinenmodell zu analysieren und auf Basis dieser Analysen zu vergleichen. Sie lernen verschiedene Arten der Analyse (schlechtester Fall, amortisiert, erwartet) einzusetzen.

Die Studierenden lernen wichtige effiziente Datenstrukturen und Algorithmen kennen. Sie sollen die Fähigkeit erwerben, vorhandene Methoden durch theoretische Analysen und Abwägungen für ihre Verwendbarkeit in tatsächlich auftretenden Szenarien zu prüfen. Ferner sollen die Studierenden die Fähigkeit trainieren, Algorithmen und Datenstrukturen unter dem Aspekt von Performanzgarantien zu entwickeln oder anzupassen

## Inhalt

### Literaturhinweise

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

### Weitere Informationen

Dieses Modul ist inhaltsgleich mit dem englischsprachigen Modul *Fundamentals of Data Structures and Algorithms*.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>4</b>	<b>4</b>	<b>jedes Sommersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns  
Prof. Bernd Finkbeiner, Ph.D  
Prof. Dr. Verena Wolf

**Zulassungsvoraussetzungen** *Programmierung 1 und 2, Softwarepraktikum, und Grundzüge der Theoretischen Informatik* (empfohlen)

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Zwei Klausuren (Mitte und Ende der Vorlesungszeit), praktisches Projekt.  
Nachklausuren finden innerhalb der letzten Wochen vor dem Vorlesungsbeginn des Folgesemesters statt.

**Lehrveranstaltungen / SWS** **Element T – Theorie (2 SWS):**  
8 Vorlesungen: 6 Wochen  
4 Übungen: 6 Wochen  
**Element A – Anwendung (2 SWS):**  
9 Vorlesungen: 6 Wochen  
4 Übungen: 6 Wochen  
**Element P – Praxis (Eigenstudium):**  
Semesterbegleitend 8 schriftliche Reflektionen (Prüfungsvorleistungen),  
anschließend Projektarbeit über ca. 2 Wochen  
**= 4 SWS**

**Arbeitsaufwand** **Element T:**  
24 h Präsenz, 36 h Selbststudium  
**Element A:**  
26 h Präsenz, 34 h Selbststudium  
**Element P:**  
60 h Selbststudium  
  
50 h Präsenzstudium  
+ 130 h Eigenstudium  
= 180 h (= 6 ECTS)

**Modulnote** Wird aus Leistungen in Klausuren (im Anschluss an die Elemente T und A), sowie den Prüfungsvorleistungen (Element P) ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben. Alle Modulelemente sind innerhalb eines Prüfungszeitraumes erfolgreich zu absolvieren.

**Sprache** Englisch

## Lernziele / Kompetenzen

Die Teilnehmer lernen die Nebenläufigkeit von Berechnungen als ein weitreichendes, grundlegendes Prinzip in der Theorie und Anwendung der modernen Informatik kennen. Durch die Untersuchung und Verwendung unterschiedlicher formaler Modelle gewinnen die Teilnehmer ein vertieftes Verständnis von Nebenläufigkeit. Dabei lernen die Teilnehmer wichtige formale Konzepte der Informatik korrekt anzuwenden. Das im ersten Teil der Veranstaltung erworbene theoretische Wissen wird in der zweiten Hälfte in der (Programmier-)Praxis angewendet. Dabei lernen die Teilnehmer Verwendung der Programmierparadigmen „Shared Memory“ und „Message Passing“ zuerst gemeinsam in der Programmiersprache `pseuCo`, bevor sie dann diese Fähigkeiten auf Java und teilweise Go übertragen. Außerdem lernen die Teilnehmer verschiedene Phänomene

des nebenläufigen Programmierens in den formalen Modellen zu beschreiben und mit deren Hilfe konkrete Lösungen für die Praxis abzuleiten. Des Weiteren untersuchen die Teilnehmer in der Praxis existierende Konzepte auf ihre Verlässlichkeit hin. Ein spezifischer Aspekt dieser beruflichen Praxis ist das taktisch adäquate Reagieren auf Problemstellungen der Nebenläufigkeit unter engen Zeitvorgaben.

## Inhalt

### Nebenläufigkeit als Konzept

- Potentieller Parallelismus
- Tatsächlicher Parallelismus
- Konzeptioneller Parallelismus

### Nebenläufigkeit in der Praxis

- Objektorientierung
- Betriebssysteme
- Multi-core Prozessoren, Coprozessoren
- Programmierte Parallelität
- Verteilte Systeme (Client-Server, Peer-to-Peer, Datenbanken, Internet)

### Die Schwierigkeit von Nebenläufigkeit

- Ressourcenkonflikte
- Fairness
- Gegenseitiger Ausschluss
- Verklemmung (Deadlock)
- gegenseitige Blockaden (Livelock)
- Verhungern (Starvation)

### Grundlagen der Nebenläufigkeit

- Sequentielle vs. Nebenläufige Prozesse
- Zustände, Ereignisse und Transitionen
- Transitionssysteme
- Beobachtbares Verhalten
- Determinismus vs. Nicht-Determinismus
- Algebren und Operatoren

### CCS: Der Kalkül kommunizierender Prozesse

- Konstruktion von Prozessen: Sequenz, Auswahl, Rekursion
- Nebenläufigkeit und Interaktion
- Strukturelle operationelle Semantik
- Gleichheit von Beobachtungen
- Implementierungsrelationen
- CCS mit Datentransfer

### Programmieren von Nebenläufigkeit

- pseuCo
- Message Passing in pseuCo und Go
- Shared Memory in pseuCo und Java
- Monitore und Semaphoren
- Shared Objects und Threads in Java
- Shared Objects und Threads als Transitionssysteme

### Programmier- und Analyseunterstützung

- Erkennung von Verklemmungen
- Zusicherung von Sicherheit und Lebendigkeit
- Model-Basiertes Design von Nebenläufigkeit
- Software Architekturen für Nebenläufigkeit

## **Literaturhinweise**

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

## **Weitere Informationen**

Dieses Modul ist inhaltsgleich mit dem englischsprachigen Modul *Concurrent Programming*.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
2	2	jedes Sommersemester	1 Semester	6	9

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Jan Reineke

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Jan Reineke

**Zulassungsvoraussetzungen** *Programmierung 1, Programmierung 2* (im selben Semester) und *Mathematik für Informatiker 1* oder vergleichbare Veranstaltungen der Mathematik sind empfohlen.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Prüfungsleistungen werden in zwei Teilen erbracht, die beide in die Endnote eingehen. Um die Gesamtveranstaltung zu bestehen, muss jeder Teil einzeln bestanden werden.

Im *Projektteil* müssen die Studierenden eine Reihe von Projekten selbstständig bearbeiten. Diese Projekte vertiefen das praktische Verständnis des Vorlesungsstoffes in den Bereichen Rechnerarchitektur und Betriebssysteme.

Im *Vorlesungsteil* müssen die Studierenden Klausuren absolvieren und Übungsaufgaben und/oder Minitests bearbeiten. Die erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter beziehungsweise der Minitests ist Voraussetzung zur Teilnahme an der Klausur.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 SWS Vorlesung  
+ 2 SWS Übung  
= 6 SWS

**Arbeitsaufwand** 90 h Präsenzstudium  
+ 180 h Eigenstudium  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Wird aus Leistungen in Klausuren, Übungen, Minitests und praktischen Projekten ermittelt. Die genauen Modalitäten werden vom Modulverantwortlichen bekannt gegeben.

**Sprache** Englisch

## Lernziele / Kompetenzen

Die Studierenden sollen die Funktionsweise und die wichtigsten Eigenschaften moderner Rechnerarchitekturen und Betriebssystemen kennenlernen.

Außerdem sollen die Studierenden die der Implementierung solcher Systeme zugrundeliegenden Entwurfsprinzipien verstehen.

## Inhalt

1. Rechnerarchitektur
  - a. Boolesche Algebra und Schaltkreise
  - b. Zahlendarstellungen und arithmetische Schaltkreise
  - c. Befehlssatzarchitekturen
  - d. Mikroarchitekturen, insbesondere der Entwurf eines einfachen Reduced Instruction Set Computers, sowie Techniken zur Leistungsoptimierung.
2. Betriebssysteme
  - a. Virtualisierungsmechanismen
  - b. Planungsalgorithmen
  - c. Dateisysteme

## **Literaturhinweise**

Bekanntgabe jeweils vor Beginn der Vorlesung auf der Vorlesungsseite im Internet.

## **Weitere Informationen**

Dieses Modul ist inhaltsgleich mit dem englischsprachigen Modul *System Architecture*.

**Modulbereich 3**

---

***Wahlpflichtbereich Engineering***



Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>5</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

**Zulassungsvoraussetzungen** Bestandene Prüfung der Veranstaltung *Grundlagen der Elektrotechnik I und II*. Die Kenntnis des Stoffes der Veranstaltung *Elektronische Schaltungen* wird vorausgesetzt.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 1 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 2 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 30 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 90 h (= 3 ECTS)

**Modulnote** Note der Prüfung

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Die Veranstaltung verfolgt das Ziel, Studierende in die spezifischen Überlegungen und Methoden zur Entwicklung elektronischer Systeme einzuführen. Inhalt und Ablauf der Veranstaltung sind so konzeptioniert, dass Studierende Kompetenz in den folgenden Bereichen erwerben können:

Entwickeln, Beschreiben und Analysieren von elektronischen Systemen bestehend aus einzelnen Komponenten oder Baugruppen auf Datenblatt- und Blockschaltbildebene unter Berücksichtigung nichtidealer Eigenschaften, Wechselwirkungen und Entwicklungsvorgaben.

Zur Verdeutlichung und Motivation bedient sich die Veranstaltung aktueller, praxisorientierter Beispiele in Vorlesung, Übung und experimentellen Demonstrationen.

## Inhalt

- Eigenschaften und Grenzen Analogere, Digitaler und Hybrider elektronischer Systeme.
- Partitionierungs- und Entwicklungskriterien elektronischer Systeme.
- Problemspezifische Modellbildung, Modell-Konsistenz.
- Entwicklung: Werkzeuge, Methoden, und Konzepte.
- Realisierung: Strukturentwurf und Signalintegrität.
- Anwendung: Test, Ausbeute, Qualifikation, Spezifikation/Datenblatt.

## Literaturhinweise

Wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Georg Frey

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Georg Frey

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung  
+ 15 h Präsenzzeit Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Prüfungsnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Grundlagen der Automatisierungstechnik bietet einen Überblick über moderne Prinzipien, Verfahren und Realisierungen der Automatisierungstechnik. Studierenden erwerben:

- Verständnis von automatisierungstechnischen Systemen.
- Fähigkeit automatisierungstechnische Systeme zu modellieren bzw. ein geeignetes Beschreibungsmittel auszuwählen
- Kenntnis in modernen Verfahren zur Automatisierung technischer Systeme.
- Überblick über in der Automatisierungstechnik eingesetzte Technologien.
- Übung im Umgang mit Entwurfsmethoden für automatisierungstechnische Systeme

## Inhalt

- Automatisierungssysteme und Anwendungen
- Anforderungen an Automatisierungssysteme
- Verlässlichkeit und funktionale Sicherheit (SIL-Nachweis, stochastische Modelle)
- Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)
- Steuerungsentwurf mit Petrinetzen
- Normfachsprachen für Steuerungen nach IEC 61131
- Kommunikation in der Automatisierungstechnik
- Einstellregeln für industrielle Standardregler

## Literaturhinweise

Literatur wird in der Vorlesung zur Verfügung gestellt bzw. bekannt gegeben.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>3</b>	<b>3</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Dietrich Klakow

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Dietrich Klakow

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Benotete Prüfung (Klausur)

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 2 SWS Übung  
= 4 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesungen  
+ 30 h Präsenzzeit Übungen  
+ 70 h Vor- und Nachbereitung  
+ 50 h Klausurvorbereitung  
= 180 h (= 6 ECTS)

**Modulnote** Klausurnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Im Kurs werden die zentralen Verfahren der Signalverarbeitung behandelt. Auf der einen Seite werden die theoretischen Grundlagen und die damit verbundenen mathematischen Methoden besprochen, so dass die Studierenden in die Lage versetzt werden das Übertragungsverhalten einfacher LTI-Systeme zu bestimmen. Darüber hinaus werden die numerischen Aspekte der Fouriertransformation betont

## Inhalt

- Lineare Zeitinvariante Systeme
- Fouriertransformation
- Numerische Berechnung der Fouriertransformation
- Korrelation von Signalen
- Statistische Signalbeschreibung
- z-Transformation
- Filter

## Literaturhinweise

- Hans Dieter Lüke, Signalübertragung, Springer
- Bernd Girod, Rudolf Rabenstein, Alexander Stenger, Einführung in die Systemtheorie, Teubner, 2003
- Beate Meffert und Olaf Hochmuth, Werkzeuge der Signalverarbeitung, Pearson 2004
- Alan V. Oppenheim, Roland W. Schaffer, John R. Buck, Zeitdiskrete Signalverarbeitung, Pearson 2004

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>5</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Benotete Prüfung (Klausur)

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung  
+ 15 h Präsenzzeit Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Klausurnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

- Kenntnisse der Struktur und der Funktionsweise der MOSFETs
- Entwurf und Berechnung einfaches OP-Verstärkers und anderer Schaltungen
- Kenntnisse der wichtigsten Grundelemente digitaler Schaltungen
- Aufbau grundlegender Systeme
- Überblick mikroelektronischer Möglichkeiten

## Inhalt

- Überblick und Entwicklungshistorie
- Charakteristiken und Modelle der wesentlichen Bauelemente insbes. MOS Transistoren (Vt, Gm, Sättigungsstrom... Dimensionierung)
- Grundlage der analogen IC (Inverter, Differenzstufe, Strom-Quelle und Spiegel)
- einfache Gatter und deren Layout, Übergänge und Verzögerung
- kombinatorische Logik und Sequentielle Logik
- Schieberegister, Zähler
- Tristate, Bus, I/O Schaltung
- Speicher: DRAM, SRAM, ROM, NVM
- PLA, FPGA
- Prozessor und digitaler Systementwurf

## Literaturhinweise

Skriptum des Lehrstuhls zur Vorlesung, Vorlesungsfolien

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>4</b>	<b>4</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>2+2</b>	<b>3+3</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Benotete Prüfungen zur Vorlesung *Schaltungstechnik*.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Modulelement Elektronische Schaltungen  
+ 2 SWS Modulelement Elektrische Netzwerke  
= 4 SWS

**Arbeitsaufwand Modulelement Elektronische Schaltungen:**

je 30 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung, Vor- und Nachbereitung und Klausurvorbereitung

**Modulelement Elektrische Netzwerke:**

je 30 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung, Vor- und Nachbereitung und Klausurvorbereitung

60 h Präsenzstudium  
+ 120 h Eigenstudium  
= 180 h (= 6 ECTS)

**Modulnote** Einzelnoten der Prüfungen der Modulelemente

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

### Elektronische Schaltungen:

Schaltungsprinzipien und -strukturen kennen und mit Hilfe von spezifischen Entwicklungsmethoden gezielt zur Lösung von Aufgabenstellungen einsetzen können.

### Elektrische Netzwerke:

Grundlegende Methoden zur Beschreibung, Berechnung und Analyse, von elektrischen Netzwerken und deren Eigenschaften kennen und anwenden können.

## Inhalt

### Elektronische Schaltungen

1. Spannung, Strom und Leistung: Ermittlung in elektronischen Schaltungen
2. Arbeitspunkt: Einstellung und Stabilisierung, Temperatureinfluss
3. Transistorgrundschaltungen: Schaltungskonzepte und Eigenschaften
4. Rückgekoppelte Schaltungen: Berechnung und Eigenschaften
5. Schwingungen in Schaltungen: Ursachen, Wirkungen, Erzeugung und Unterdrückung,
6. Grundlegende Schaltungsstrukturen zur Konstruktion von Schaltungen
7. Aufbau und Analyse von Schaltungen mit Operationsverstärkern

### Elektrische Netzwerke

1. Netzwerke: Baum/Kobaum, Beschreibung mit Matrizen, Netzwerk-, Wirkungsfunktionen, Überlagerungssatz, Phasoren-Rechnung, Konzept der Komplexen Frequenz, Frequenzgang, Bode-Diagramm

2. Problemspezifische Modellreduktion, Gleich-, Wechselstrom- und Kleinsignal-Ersatzschaltbild
3. Transistorschaltungen: systematische Berechnung.
4. Rückgekoppelte Schaltungen: verallgemeinerte Zweitor-Beschreibung
5. Netzwerkfunktionen: Pol-, Nullstellen Analyse, Heavisidescher Entwicklungssatz, Schwarzsches Spiegelungsprinzip
6. Symmetrische Netzwerke: Gleichtakt-Gegentakt-Zerlegung
7. Bode-Diagramm: Analyse und Konstruktion elektrischer Netzwerke im Frequenzbereich

## Literaturhinweise

### Elektronische Schaltungen

- U. Tietze, Ch. Schenk, Halbleiterschaltungstechnik, Springer
- Analoge Schaltungen, M. Seifart, Verlag Technik (nur gebraucht erhältlich)
- H. Hartl, E. Krasser, W. Pribyl, P. Söser, G. Winkler, Elektronische Schaltungstechnik, Pearson
- P. Horowitz, W. Hill, The Art of Electronics, Cambridge University Press
- M.T. Thompson Intuitive Analog Circuit Design, Elsevier
- Nilsson/Riedel, Electric Circuits, Prentice Hall

### Elektrische Netzwerke

- U. Tietze, Ch. Schenk, Halbleiterschaltungstechnik, Springer (14 Auflage oder höher)
- Unbehauen, Grundlagen der Elektrotechnik 1 (und 2) Springer
- Seshu, Balabanian, Linear Network Theory, Wiley 1969 (but still a good choice!),
- S. Paul, R. Paul, Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik 1, Springer 2010

## Weitere Informationen

Beide Elemente des Moduls *Schaltungstechnik* ergeben in Kombination die Vorlesung *Schaltungstechnik*, d.h. das komplette Modul *Schaltungstechnik* und die in einzelnen Studienordnungen noch aufgeführte Veranstaltung *Schaltungstechnik* sind äquivalent.

Der Inhalt der Modulelemente ist aufeinander abgestimmt. Die Vorlesung *Elektronische Schaltungen* dient als thematische Einführung in die Schaltungstechnik, indem Sachverhalte, deren Zusammenhänge und spezifische Entwicklungsmethoden zu den einzelnen Themenbereichen vorgestellt werden. Die Vorlesung *Elektrische Netzwerke* vermittelt auf allgemeiner Ebene eine Einführung in die zugrunde liegenden theoretischen Grundlagen.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>4 5</b>	<b>4 6</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. habil. J. Rudolph

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. habil. J. Rudolph

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Schriftliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 45 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 60 h Vor- und Nachbereitung  
+ 45 h Klausurvorbereitung  
= 150 h (= 5 ECTS)

**Modulnote** Note der Prüfung

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Verständnis für die systemtheoretischen Grundlagen linearer Systeme sowie für den Entwurf linearer Steuerungen und Regler.

## Inhalt

Es werden lineare zeitinvariante Systeme (endlicher Dimension) mit je einer Eingangs- und einer Ausgangsgröße betrachtet.

- *Einführung*: Systembegriff und regelungstechnische Aufgabenstellungen, Linearität und Linearisierung, Zeitinvarianz, Eingangs-Ausgangs-Darstellung
- *Systeme niedriger Ordnung*: Trajektorienplanung, Steuerung, allgemeine Lösung, P-, PI-, PD- und PID-Regler, parametrische Unbestimmtheiten, Frequenzgang (Ortskurven und Bode-Diagramme)
- *Systeme beliebiger Ordnung*: Eingangs-Ausgangs-Darstellung, Regelungsform, Zustandskonzept, Beobachtbarkeits- und Beobachterform, Diagonalisierung und JordanForm, Phasenportrait für Systeme 2. Ordnung, Beobachtbarkeit, Stabilität (Definition, Ljapunov-Funktion, Ljapunov-Gleichung)

Der Lehrstoff wird in Vorlesungen und Übungen anhand technologischer Beispiele diskutiert und vertieft.

## Literaturhinweise

- [1] Föllinger, O., Regelungstechnik, Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, Hüthig, Heidelberg (1994).  
 [2] Lunze, J., Regelungstechnik 1, Springer, Heidelberg (2007).  
 [3] Rugh, W. J., Linear System Theory, Prentice Hall, New Jersey (1993).  
 [4] Kailath, T., Linear Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (1980).

## Weitere Informationen

Neben einem ausgearbeiteten Skriptum werden umfangreiche Lösungen zu den Übungsaufgaben zur Verfügung gestellt. Außerdem besteht die Möglichkeit, das Erlernete an einem Versuchsstand praktisch anzuwenden und weiter zu vertiefen.

**Modulbereich 4**

---

***Stammvorlesungen***



Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Thorsten Herfet

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Thorsten Herfet

**Zulassungsvoraussetzungen** Solid foundation of mathematics (differential and integral calculus) and probability theory. The course will build on the mathematical concepts and tools taught in TC I while trying to enable everyone to follow and to fill gaps by an accelerated study of the accompanying literature. *Signals and Systems* as well as *Digital Transmission and Signal Processing (TC I)* are strongly recommended but not required.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Regular attendance of classes and tutorials Passing the final exam  
Oral exam directly succeeding the course. Eligibility: Weekly excersises / task sheets, grouped into two blocks corresponding to first and second half of the lecture. Students must provide min. 50% grade in each of the two blocks to be eligible for the exam.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Final Exam Mark

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

AVCN will deepen the students' knowledge on modern communications systems and will focus on wireless systems.

Since from a telecommunications perspective the combination of audio/visual data – meaning inherently high data rate and putting high requirements on the realtime capabilities of the underlying network – and wireless transmission – that is unreliable and highly dynamic with respect to the channel characteristics and its capacity – is the most demanding application domain.

## Inhalt

As the basic principle the course will study and introduce the building blocks of wireless communication systems. Multiple access schemes like TDMA, FDMA, CDMA and SDMA are introduced, antennas and propagation incl. link budget calculations are dealt with and more advanced channel models like MIMO are investigated. Modulation and error correction technologies presented in Telecommunications I will be expanded by e.g. turbo coding and receiver architectures like RAKE and BLAST will be introduced. A noticeable portion of the lecture will present existing and future wireless networks and their extensions for audio/visual data. Examples include 802.11n and the terrestrial DVB system (DVB-T2).

## Literaturhinweise

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

## **Weitere Informationen**

This module was formerly also known as *Telecommunications II*.

# Aufbau- und Verbindungstechnik 1

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Übungsbetrieb / mündliche oder schriftliche Abschlussprüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung  
+ 15 h Präsenzzeit Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Note der Klausur bzw. der mündlichen Prüfung

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Das Ziel der Lehrveranstaltung besteht darin, die Studierenden in das Gebiet der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik einzuführen. Dabei sollen grundlegende Kenntnisse über Verfahren und technologische Abläufe zur Herstellung elektronischer Aufbauten vermittelt werden sowie die Spezifika der in der industriellen Fertigung eingesetzten Verbindungstechnologien diskutiert werden.

## Inhalt

- Einführung in die Problematik der Herstellung elektronischer Aufbauten
- Architektur elektronischer Aufbauten (Hierarchischer Aufbau, Funktion der Verbindungsebenen)
- Erste Verbindungsebene (Die-Bonden, Drahtbonden, Flip-Chip- und Trägerfilmtechnik)
- Zweite Verbindungsebene (Bauelementeformen, Leiterplatten, Dickschichtsubstrate)
- Verbindungstechniken (Kaltpressschweißen, Löten, Kleben)

## Literaturhinweise

Bekanntgabe zu Beginn der Vorlesung

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jedes Sommersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Georg Frey

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Georg Frey

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung  
+ 15 h Präsenzzeit Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Prüfungsnote

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Automation Systems is based on the fundamentals of discrete-event systems and networks. Students will acquire:

- detailed knowledge of describing and designing discrete-event systems for control applications;
- understanding of the specific challenges occurring in distributed (networked) automation systems as well as the knowledge of appropriate methods for the modeling and the analysis of automation networks.

## Inhalt

- Signals and Communication in Automation Systems
- Introduction to Logic Control
- Design and realization of logic control systems
- Domain specific languages (IEC 61131)
- Formal specification using Petri Nets
- Verification and Validation (V&V)
- Software quality
- Communication in Automation: Real-time and Dependability
- Application: Industrial Ethernet Solutions and CAN-Bus
- Application: Automotive Networks (LIN, CAN, FlexRay, MOST)
- Analysis of Networked Automation Systems
- Design of Distributed Controllers (IEC 61499)

## Literaturhinweise

Literatur wird in der Vorlesung zur Verfügung gestellt bzw. bekannt gegeben.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Sebastian Hack

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Sebastian Hack

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Regular attendance of classes and tutorials
- Written exam at the end of the course, theoretical exercises, and compiler-laboratory project.
- A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined from performance in exams, exercises and practical tasks. The exact modalities will be announced at the beginning of the module.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

The students learn, how a source program is lexically, syntactically, and semantically analyzed, and how they are translated into semantically equivalent machine programs. They learn how to increase the efficiency by semantics-preserving transformations. They understand the automata-theoretic foundations of these tasks and learn, how to use the corresponding tools.

## Inhalt

Lexical, syntactic, semantic analysis of source programs, code generation for abstract and real machines, efficiency-improving program transformations, foundations of program analysis.

## Literaturhinweise

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>every winter semester</b>	<b>1 semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Romanus Dyczij-Edlinger

**Dozent/inn/en** Romanus Dyczij-Edlinger

**Zulassungsvoraussetzungen** a first course in Electromagnetics (e.g. *Theoretische Elektrotechnik*) is recommended

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Programming projects during the semester. Written or oral final exam.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 h lectures  
+ 1 h tutorial  
= 3 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 45 h of classes  
+ 75 h private study  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Programming projects: 50 %  
Final exam: 50 %

**Sprache** German or English

## Lernziele / Kompetenzen

- To master selected topics in numerical linear algebra.
- To know how to pose linear (initial-) boundary value problems of classical electrodynamics.
- To understand the principles of differential and integral equation methods.

## Inhalt

- Selected topics in numerical linear algebra
- Linear (initial-) boundary value problems of classical electrodynamics
- Numerical methods:
  - Finite difference method / finite integration technique
  - Finite element method
  - Boundary element method

## Literaturhinweise

See lecture notes.

## Weitere Informationen

Lecture notes (in English), project assignments, old exams, and selected solutions are available online. Students may choose between German or English.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>every summer semester</b>	<b>1 semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Romanus Dyczij-Edlinger

**Dozent/inn/en** Romanus Dyczij-Edlinger

**Zulassungsvoraussetzungen** *Computational Electromagnetics 1* is recommended

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Oral final exam: student presentations of selected topics from current research papers.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 h lectures  
+ 1 h tutorial  
= 3 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 45 h of classes  
+ 75 h private study  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Final exam: 100 %

**Sprache** German or English

## Lernziele / Kompetenzen

To gain a deep understanding of finite element techniques for time-harmonic electromagnetic fields. Students are familiar with essential theoretical and implementation aspects of modern finite element methods and able to study advanced research papers on their own.

## Inhalt

- Functional analytical and geometric foundations
- Modal analysis of electromagnetic cavities
- Modal analysis of driven time-harmonic fields
- Analysis of driven time-harmonic fields
- Special modeling techniques
- Advanced numerical solution methods

## Literaturhinweise

Each section of lecture notes contains list of references.

## Weitere Informationen

Lecture notes are available online. Students may choose between German or English.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. W.-J. Paul

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. W.-J. Paul

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none

**Leistungskontrollen / Prüfungen** **Studying:** Students should listen to the lectures, read the lecture notes afterwards and understand them. They should solve the exercises alone or in groups. Students must present and explain their solutions during the tutorials.

**Exams:** Students who have solved 50 % of all exercises are allowed to participate in an oral exam at the end of the semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined from performance in exams, exercises and practical tasks. The exact modalities will be announced at the beginning of the module.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

After attending this lecture students know how to design pipelined processors with interrupt mechanisms, caches and MMUs. Given a benchmark they know how to analyse, whether a change makes the processor more or less cost effective.

## Inhalt

General comment: constructions are usually presented together with correctness proofs

- Complexity of Architectures
  - Hardware cost and cycle time
  - Compilers and benchmarks
- Circuits
  - Elementary computer arithmetic
  - Fast adders
  - Fast multipliers
- Sequential processor design
  - DLX instruction set
  - Processor design
- Pipelining
  - Elementary pipelining
  - Forwarding
  - Hardware-Interlock
- Interrupt mechanisms
  - Extension of the instruction set
  - Interrupt service routines



- hardware construction
- Caches
  - Specification including consistency between instruction and data cache
  - Cache policies
  - Bus protocol
  - Hardware construction (k-way set associative cache, LRU replacement, realisation of bus protocols by automat)
- Operating System Support
  - Virtual and Physical machines
  - Address translation
  - Memory management unit (MMU) construction
  - Virtual memory simulation

## **Literaturhinweise**

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns  
Prof. Dr. Anja Feldmann

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Regular attendance of classes and tutorials
- Qualification for final exam through mini quizzes during classes
- Possibility to get bonus points through excellent homework
- Final exam
- A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined from performance in exams, exercises and practical tasks. The exact modalities will be announced at the beginning of the module.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

After taking the course students have

- a thorough knowledge regarding the basic principles of communication networks,
- the fundamentals of protocols and concepts of protocol,
- Insights into fundamental motivations of different pragmatics of current network solutions,
- Introduction to practical aspects of data networks focusing on internet protocol hierarchies

## Inhalt

Introduction and overview

Cross section:

- Stochastic Processes, Markov models,
- Fundamentals of data network performance assessment
- Principles of reliable data transfer
- Protokols and their elementary parts
- Graphs and Graphalgorithms (maximal flow, spanning tree)
- Application layer:
- Services and protocols
- FTP, Telnet
- Electronic Mail (Basics and Principles, SMTP, POP3, ..)
- World Wide Web (History, HTTP, HTML)

- Transport Layer:
  - Services and protocols
  - Addressing
  - Connections and ports
  - Flow control
  - QoS
  - Transport Protocols (UDP, TCP, SCTP, Ports)
- Network layer:
  - Services and protocols
  - Routing algorithms
  - Congestion Control
  - Addressing
  - Internet protocol (IP)
- Data link layer:
  - Services and protocols
  - Medium access protocols: Aloha, CSMA (-CD/CA), Token passing
  - Error correcting codes
  - Flow control
  - Applications: LAN, Ethernet, Token Architectures, WLAN, ATM
- Physical layer
  - Peer-to-Peer and Ad-hoc Networking Principles

## **Literaturhinweise**

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

# Digital Signal Processing

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>every summer semester</b>	<b>1 semester</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Dietrich Klakow

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Dietrich Klakow

**Zulassungsvoraussetzungen** Sound knowledge of mathematics as taught in engineering, computer science or physics is recommended.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Final exam

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 h lecture  
+ 2 h tutorial  
= 4 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 60 h of classes  
+ 120 h private study  
= 180 h (= 6 ECTS)

**Modulnote** The grade is determined by result of the final exam. A re-exam takes place half a year after the first exam.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

The students will get familiar with advanced signal processing techniques in particular those that are relevant to speech processing. There will be practical and theoretical exercises.

## Inhalt

1. Introduction
2. Signal Representations
3. Filtering and Smoothing
4. Linear Predictive Coding
5. Microphone Arrays
6. Object Tracking and the Kalman-Filter
7. Wiener Filter
8. Feature Extraction from Audio Signals
9. KL-Transform and Linear Discriminant Analysis
10. Basics of Classification
11. Speaker Recognition
12. Musical Genre Classification

## Literaturhinweise

- Dietrich W. R. Paulus, Joachim Hornegger "Applied Pattern Recognition", Vieweg
- Peter Vary, Ulrich Heute, Wolfgang Hess "Digitale Sprachsignalverarbeitung", Teubner Verlag
- Xuedong Huang, Hsiao-Wuen Hon "Spoken Language Processing", Prentice Hall
- C. Bishop „Pattern Recognition and Machine Learning“, Springer

Further reading will be announced in the lecture.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5 5</b>	<b>5 6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Thorsten Herfet

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Thorsten Herfet

**Zulassungsvoraussetzungen** The lecture requires a solid foundation of mathematics (differential and integral calculus) and probability theory. The course will, however, refresh those areas indispensably necessary for telecommunications and potential intensification courses and by this open this potential field of intensification to everyone of you.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Regular attendance of classes and tutorials  
 Passing the final exam in the 2nd week after the end of courses.  
 Eligibility: Weekly exercises / task sheets, grouped into two blocks corresponding to first and second half of the lecture. Students must provide min. 50% grade in each of the two blocks to be eligible for the exam.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
 + 2 h tutorial  
 = 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
 + 180 h private study  
 = 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Final exam mark

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Digital Signal Transmission and Signal Processing refreshes the foundation laid in "Signals and Systems" [Modulkennung]. Including, however, the respective basics so that the various facets of the introductory study period (Bachelor in Computer Science, Vordiplom Computer- und Kommunikationstechnik, Elektrotechnik or Mechatronik) and the potential main study period (Master in Computer Science, Diplom-Ingenieur Computer- und Kommunikationstechnik or Mechatronik) will be paid respect to.

## Inhalt

As the basic principle, the course will give an introduction into the various building blocks that modern telecommunication systems do incorporate. Sources, sinks, source and channel coding, modulation and multiplexing are the major keywords, but we will also deal with dedicated pieces like A/D- and D/A-converters and quantizers in a little bit more depth.

The course will refresh the basic transformations (Fourier, Laplace) that give access to system analysis in the frequency domain, it will introduce derived transformations (z, Hilbert) for the analysis of discrete systems and modulation schemes and it will briefly introduce algebra on finite fields to systematically deal with error correction schemes that play an important role in modern communication systems.

## Literaturhinweise

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

## **Weitere Informationen**

This module was formerly also known as *Telecommunications I*.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Peter Druschel, Ph.D.

**Dozent/inn/en** Prof. Peter Druschel, Ph.D.  
Allen Clement, Ph.D

**Zulassungsvoraussetzungen** *Operating Systems or Concurrent Programming*

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Regular attendance at classes and tutorials.
- Successful completion of a course project in teams of 2 students. (Project assignments due approximately every 2 weeks.)
- Passing grade on 2 out of 3 written exams: midterm, final exam, and a re-exam that takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.
- Final course grade: 50% project, 50% best 2 out of 3 exams.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined from performance in exams, exercises and practical tasks. The exact modalities will be announced at the beginning of the module.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Introduction to the principles, design, and implementation of distributed systems.

## Inhalt

- Communication: Remote procedure call, distributed objects, event notification, Inhalt dissemination, group communication, epidemic protocols.
- Distributed storage systems: Caching, logging, recovery, leases.
- Naming. Scalable name resolution.
- Synchronization: Clock synchronization, logical clocks, vector clocks, distributed snapshots.
- Fault tolerance: Replication protocols, consistency models, consistency versus availability trade-offs, state machine replication, consensus, Paxos, PBFT.
- Peer-to-peer systems: consistent hashing, self-organization, incentives, distributed hash tables, Inhalt distribution networks.
- Data centers. Architecture and infrastructure, distributed programming, energy efficiency.

## Literaturhinweise

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Romanus Dyczij-Edlinger

**Dozent/inn/en** Romanus Dyczij-Edlinger

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Computerimplementierungen,  
mündliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 45 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Computerimplementierungen 40 %  
Mündliche Prüfung 60 %

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Studierende sind in der Lage, wichtige Klassen von Feldproblemen zu klassifizieren und kennen typische Fallbeispiele aus Wärmelehre, Akustik und Elektrodynamik. Sie sind mit den Gemeinsamkeiten und besonderen Eigenheiten der resultierenden Typen von (Anfangs-)Randwertproblemen vertraut, und verstehen die Grundlagen von Differenzial- und Integralgleichungsverfahren zur numerischen Lösung von Problemstellungen der klassischen Maxwell'schen Theorie.

## Inhalt

Numerische lineare Algebra (Eigenwert-, Singulärwert-, QR- und LR-Zerlegungen, schwach besetzte Matrizen, Krylov-Unterraum-Verfahren); ausgesuchte lineare Randwert- und Anfangsrandwertprobleme (sachgemäß und unsachgemäß gestellte Probleme, elliptische, parabolische, hyperbolische und unklassifizierte Gleichungen); Separationsansätze; Konsistenz, Stabilität und Konvergenz numerischer Verfahren; Finite-Differenzen-Methoden (Diskretisierung, Anfangs- und Randbedingungen, explizite und implizite Zeitintegrationsverfahren, Stabilitätsanalyse); Variationsmethoden (Euler-Lagrange-Gleichungen, essentielle und natürliche Randbedingungen, Ritz'sches Verfahren); Methode der gewichteten Residuen (Kollokation, Galerkin, Galerkin-Bubnow); Finite-Elemente-Methoden (Diskretisierung, Formfunktionen, Elementmatrizen, Einbringen von Randbedingungen und Quellen); Integralgleichungsmethoden (Greensche Funktionen, Klassifizierung); Randelemente-Methoden (Diskretisierung, Singularitäten)

## Literaturhinweise

Treffethen, Bau: Numerical Linear Algebra;  
Demmel: Applied Numerical Linear Algebra;  
Farlow: Partial Differential Equations for Scientists and Engineers;  
Courant, Hilbert: Methoden der mathematischen Physik;  
Stakgold: Green's Functions and Boundary Value Problems;



Strang, Fix: An Analysis of the Finite Element Method;  
Grossmann, Roos: Numerik partieller Differentialgleichungen;  
Bossavit, Alain: Computational Electromagnetism

## **Weitere Informationen**

Vorlesungsskripten erhältlich, Übungsbeispiele und alte Prüfungen vom Internet abrufbar.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Matthias Nienhaus

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Matthias Nienhaus

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Benotete Prüfung (Klausur)

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung  
+ 15 h Präsenzzeit Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Klausurnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Es werden die Grundlagen zu Aufbau, Wirkungsweise und Betriebsverhaltens von Gleichstrom-, Synchron- und Asynchronmaschinen sowie deren elektrische Ansteuerung vermittelt. Studierende erwerben Basiswissen für eine anforderungsgerechte Spezifikation und Auswahl elektrischer Antriebe.

## Inhalt

- Physikalische Grundlagen
- Gleichstrommaschinen
- Asynchronmaschinen
- Synchronmaschinen
- Ansteuerungen

## Literaturhinweise

Merz, H., Lipphardt, G.: Elektrische Maschinen und Antriebe, VDE, 2009  
Fischer, R.: Elektrische Maschinen, Hanser, München, 2009  
Riefenstahl, U.: Elektrische Antriebssysteme, Vieweg+Teubner, 2010

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller  
Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Wiese

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Benotete Prüfungen Modulelementprüfungen

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung und Übung

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 30 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 90 h (= 3 ECTS)

**Modulnote** Gewichteter Mittelwert der Einzelnoten nach Studienordnung

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Vorstellung von Konzepten und Aufbau aktiver und passiver elektronischer Bauelemente, Erlernung des Zusammenhangs zwischen physikalischem Grundprinzip, Kennlinie und schaltungstechnischer Funktion. Darstellung ausgewählter physikalischer Eigenschaften von charakteristischen Bauelementfunktionswerkstoffen. Erlernen erster Bauelementanwendungen in einfachen Grundschaltungen. Vorstellung von Sonderbauelementen zur Energieversorgung und für die Leistungselektronik

## Inhalt

- Einführung (Gegenstand der LV „Bauelemente“, Physikalische Funktionsbeschreibung von Bauelementen, Verarbeitung von Bauelementen, Zuverlässigkeit von Bauelementen)
- Diskrete aktive Bauelemente (Diode, Bipolartransistor, Feldeffekttransistor)
- Diskrete passive Bauelemente (Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten)
- Integrierte Schaltungen als Bauelemente (Analoge integrierte Schaltungen, Digitale integrierte Schaltungen)
- Bauelemente der Energieversorgung (Netzteil- und Spannungswandler-Komponenten, Elektrochemische Generatoren, Batterien, Akkumulatoren, Brennstoffzellen, Photovoltaische Generatoren, Thermoelektrische Generatoren, Elektromechanische Generatoren)
- Leistungsbaulemente (Der Logik- und der Leistungsteil in Schaltungen, Leistungstransistoren und -dioden, Thyristor, IGBT, Relais, Kühlkörper)

## Literaturhinweise

Beuth, Klaus: Bauelemente (Elektronik 2), Würzburg: Vogel 2010, 19. Aufl.  
Möschwitzer, Albrecht: Mikroelektronik, Berlin: Verlag Technik 1987, 1. Aufl.  
Möschwitzer, Albrecht: Einführung in die Elektronik, Berlin: Verlag Technik 1988, 6. Aufl.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>every winter semester</b>	<b>1 semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none  
Bachelor level in Electronics and Circuits

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Theoretical and practical (CAD examples) exercises

- Regular attendance of lecture and tutorial
- Final oral exam
- A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 h lectures  
+ 1 h tutorial  
= 3 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 45 h of classes  
+ 75 h private study  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Final exam mark

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

To know and understand limitations on maximum speed and performance of integrated circuits. To know and to be able to apply design methods and concepts to enhance speed and performance of a circuit. To be familiar with basic circuit stages and methods for combining them to gain a specific functionality and performance. To understand basic circuit concepts for high-speed data- and signaltransmission and –processing with special regard to the transmitter- and receiver-electronics. To be able to design such circuits. To acquire the fundamentals of circuit design as a preparation for the related hands-on training on “High-speed analogue circuit design”.

## Inhalt

- Bipolar transistor model and properties at technological speed limit.
- Concept of negative supply voltage and differential signalling.
- Method of symbolic calculation and modelling of transistor stages.
- Basic electrical properties of transistor stages with special regard to high-frequency considerations.
- Concept of conjugate impedance mismatch.
- Functional stages for broadband operation up to 160 Gbit/s (e.g. photodiode–amplifier, modulator driver, linear and limiting gain stages and amplifier, circuits for gain control, equalizing and analogue signal processing, Multiplexer, Demultiplexer, logic gates(e.g. exor), phase detector, Oscillator (VCO), phase-locked-loop (PLL)).

## Literaturhinweise

- Lecture notes
- High Speed Integrated Circuit Technology Towards 100 GHz Logic, M. Rodwell, World Scientific
- Intuitive Analog Circuit Design, Marc T. Thompson, Elsevier 2006
- Related articles from journals and conferences.

## **Weitere Informationen**

*Used Media:* Beamer, blackboard, lecture notes, Computer (CAD examples)

# High-Frequency Engineering

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>every winter semester</b>	<b>1 semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Michael Möller

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none  
Bachelor level in Electronics and Circuits

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Theoretical and practical (CAD examples) exercises

- Regular attendance of lecture and tutorial
- Final oral exam
- A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 h lectures  
+ 1 h tutorial  
= 3 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 45 h of classes  
+ 75 h private study  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Final exam mark

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Acquiring basic knowledge on fundamental high-frequency and network-theory methods to characterize and model distributed and lumped element networks. Applying these methods to modelling, design and measurement of high-speed circuits. Introduction to general optimization criteria and optimization strategy. To prepare for hands-on training on “RF-circuits and measurement techniques”.

## Inhalt

- *Introduction:*  
Retardation, Skin-, Proximity-Effect, Signal path lengths, lumped and distributed properties, Interconnect and Transmission Line modelling
- *Waves and S-parameters:*  
Generalised waves, power, reflection, Smith diagram, matching, S-parameters, ABCD-parameters, Signal flow graph methods.
- *Network properties:*  
Tellegen theorem, linearity, reciprocity, symmetry, unitarity, modal network description (differential operation),
- *Network measurement methods and components:*  
time domain reflectometry (TDR), line-coupler, power splitter/divider, Vector Network Analyzer (VNA)
- *Electrical Noise:*  
Noise processes, characterization and properties, network models
- *Optimization criteria*  
(e.g. noise, phase- and frequency response, linearity, stability, matching CMRR, PSRR, pulse fidelity, eye-diagram)
- *Optimization strategy:*  
Trade-off, degrees of freedom (DOF), Introducing DOFs by decoupling, optimization example

## **Literaturhinweise**

- Lecture notes
- Hochfrequenztechnik 2, Zinke, Brunswig, 5. Auflage, Springer
- Microwave Engineering, David M. Pozar, 3rd ed., Wiley
- Grundlagen der Hochfrequenzmesstechnik, B. Schiek, Springer
- Rauschen, R. Müller, Springer
- Related articles from journals and conferences.

## **Weitere Informationen**

Used Media: Beamer, blackboard, lecture notes, Computer (CAD examples)

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Joachim Weickert

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Joachim Weickert

**Zulassungsvoraussetzungen** Undergraduate mathematics (e.g. Mathematik für Informatiker I-III) and elementary programming knowledge in C

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- For the homework assignments one can obtain up to 24 points per week. Actively participating in the classroom assignments gives 12 more points per week, regardless of the correctness of the solutions. To qualify for both exams one needs 2/3 of all possible points.
- Passing the final exam or the re-exam.
- A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined from the performance in the exam or the re-exam. The better grade counts.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Broad introduction to mathematical methods in image processing and computer vision. The lecture qualifies students for a bachelor thesis in this field. Together with the completion of advanced or specialised lectures (9 credits at least) it is the basis for a master thesis in this field.

## Inhalt

Inhalt

1. Basics
  - 1.1 Image Types and Discretisation
  - 1.2 Degradations in Digital Images
2. Colour Perception and Colour Spaces
3. Image Transformations
  - 3.1 Continuous Fourier Transform
  - 3.2 Discrete Fourier Transform
  - 3.3 Image Pyramids
  - 3.4 Wavelet Transform
4. Image Compression
5. Image Interpolation
6. Image Enhancement
  - 6.1 Point Operations



- 6.2 Linear Filtering and Feature Detection
- 6.3 Morphology and Median Filters
- 6.3 Wavelet Shrinkage, Bilateral Filters, NL Means
- 6.5 Diffusion Filtering
- 6.6 Variational Methods
- 6.7 Deconvolution Methods
- 7. Texture Analysis
- 8. Segmentation
  - 8.1 Classical Methods
  - 8.2 Variational Methods
- 9. Image Sequence Analysis
  - 9.1 Local Methods
  - 9.2 Variational Methods
- 10. 3-D Reconstruction
  - 10.1 Camera Geometry
  - 10.2 Stereo
  - 10.3 Shape-from-Shading
- 11. Object Recognition
  - 11.1 Hough Transform
  - 11.2 Invariants
  - 11.3 Eigenspace Methods

## **Literaturhinweise**

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

# Internet Transport

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Thorsten Herfet

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Thorsten Herfet

**Zulassungsvoraussetzungen**

- Motivation for networks and communication
- Practical experience (e.g. through *Hands on Networking*) is recommended
- Knowledge of the fundamentals of communication (e.g. through *Digital Transmission & Signal Processing*) is recommended

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Regular attendance of classes and tutorials
- Eligibility for exam through quizzes and assignments
- Final Exam
- A re-exam typically takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined from performance in exams, quizzes and assignments. The exact modalities will be announced at the beginning of the module.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Today the majority of all services is available via Internet-connections. Other than in the past this comprises not only data- but also media-services (like Voice Over IP or Video Streaming) and even Cyber-Physical Systems with their networked control loops.

The course introduces the basic characteristics of Internet-based communication (packetization on different layers, packet error detection and correction). It shows how existing protocols like HTTP, TCP and UDP can be shaped and evolved to fulfill the service requirements and how new protocols should be designed to serve the large variety of services.

## Inhalt

- Introduction of *EverythingoverIP* and *IPoverEverything*
- Theory of erasure channels (i.i.d, Gilbert-Elliott, channel capacity, minimum redundancy information)
- Wireless link layers (WiFi, PHY-bursts, Logical Link Control with DCF & EDCA, aggregation and ACK-techniques)
- Frame Check Sums, Cyclic Redundancy Checks
- Time Sensitive Networking
- Transport Layer services (flow control, congestion control, error control, segmentation and reassembly)
- QUIC media transport
- Error Coding under predictable reliability and latency (MDS-codes, binary codes)
- Upper layer protocols (HTTP, RTP/RTSP, DASH)

## **Literaturhinweise**

The course will come with a self-contained interactive manuscript. Complementary material will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

## **Weitere Informationen**

This module was formerly also known as *Future Media Internet* and *Multimedia Transport*.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. rer. nat. Andreas Schütze

**Dozent/inn/en** Mitarbeiter des Lehrstuhls  
Prof. Dr. rer. nat. Andreas Schütze

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** benotete Klausur, zusätzlich benotete Hausaufgaben zum Erwerb von Bonuspunkten für die Klausur

**Lehrveranstaltungen / SWS** 3 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 4 SWS

**Arbeitsaufwand** 60 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 60 h Vor- und Nachbereitung  
+ 60 h Klausurvorbereitung  
= 180 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Klausurnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Erlangung von Grundkenntnissen über den Messvorgang an sich (Größen, Einheiten, Messunsicherheit) sowie über die wesentlichen Komponenten vor allem digitaler elektrischer Messsysteme. Kennen lernen verschiedener Methoden und Prinzipien für die Messung nichtelektrischer Größen; Bewertung unterschiedlicher Methoden für applikationsgerechte Lösungen. Vergleich unterschiedlicher Messprinzipien für gleiche Messgrößen inkl. Bewertung der prinzipbedingten Messunsicherheiten und störender Quereinflüsse sowie ihrer Kompensationsmöglichkeiten durch konstruktive und schaltungstechnische Lösungen.

## Inhalt

### Messtechnik:

- Einführung: Was heißt Messen?; Größen und Einheiten (MKSA- und SI-System);
- Fehler, Fehlerquellen, Fehlerfortpflanzung, Messunsicherheit nach GUM;
- Messen von Konstantstrom, -spannung und Widerstand;
- Gleich- und Wechselstrombrücken;
- Mess- und Rechenverstärker (Basis: idealer Operationsverstärker);
- Grundlagen der Digitaltechnik (Logik, Gatter, Zähler);
- AD-Wandler (Flashwandler, sukzessive Approximation, Dual-Slope-Wandler);
- Digitalspeicheroszilloskop;

### Sensorik:

- Temperaturmessung;
- Strahlungsmessung (berührungslose Temperaturmessung);
- magnetische Messtechnik: Hall- und MR-Sensoren;
- Messen physikalischer (mechanischer) Größen:
  - Weg & Winkel
  - Kraft & Druck (piezoresistiver Effekt in Metallen und Halbleitern)

- Beschleunigung & Drehrate (piezoelektrischer Effekt, Corioliseffekt)
- Durchfluss (Vergleich von 6 Prinzipien)

## **Literaturhinweise**

E. Schröder: „Elektrische Messtechnik“, Hanser Verlag, München, 2004  
H.-R. Tränkle: „Taschenbuch der Messtechnik“, Verlag Oldenbourg München, 1996  
W. Pfeiffer: „Elektrische Messtechnik“, VDE-Verlag Berlin, 1999  
R. Lerch, Elektrische Messtechnik, Springer Verlag, neue Auflage 2006  
J. Fraden: „Handbook of Modern Sensors“, Springer Verlag, New York, 1996  
T. Elbel: „Mikrosensorik“, Vieweg Verlag, 1996  
H. Schaumburg; „Sensoren“ und „Sensoranwendungen“, Teubner Verlag Stuttgart, 1992 und 1995  
J.W. Gardner: „Microsensors – Principles and Applications“, John Wiley & Sons, Chichester, UK, 1994

## **Weitere Informationen**

Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben und Musterlösungen zum Kopieren und Downloaden

Übungen in Kleingruppen (14-täglich) mit korrigierten Hausaufgaben

Ein besonderer Schwerpunkt in der Sensorik liegt auf der Betrachtung miniaturisierter Sensoren und Sensortechnologien.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jedes Sommersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Klausur am Semesterende

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung  
+ 15 h Präsenzzeit Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Aus Klausurnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Verständnis der Abläufe bei Herstellungs- und Entwicklungsprozessen von integrierten Digitalschaltungen – CAD in der Mikroelektronik

## Inhalt

- Wertschöpfungskette der Fertigung (Waferprozess, Montage, Testen)
- Einzelprozess-Schritte, Gehäuse, analoges Testen, Abgleich
- Abstraktionsebene in der ME (physikalisch, Symbol, Funktion), Y-Baum
- Entwurfsablauf, Entwurfsstile
- Tools für den Entwurf integrierter Schaltungen, Integration der Tools
- Schaltungssimulation (Prinzip, Numerik, Analysen incl. Sensitivity-, WC-, Monte-Carlo- und Stabilitätsanalyse)
- Logiksimulation (höhere Sprache, ereignisgesteuert, Verzögerung)
- Hardware Beschreibungssprache VHDL
- Logikoptimierung (Karnaugh Diagram, Technology Mapping) Test digitaler Schaltungen, design for testability, Testmuster, Autotest
- Layout: Floorplanning, Polygone, Pcell/Cells, Generators, Design Rules, Constraints
- Parasitics, Backannotation, Matching, Platzierung und Verdrahtung, OPC

## Literaturhinweise

Skriptum des Lehrstuhls zur Vorlesung, Vorlesungsfolien

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** benotete mündliche Abschlussprüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung  
+ 15 h Präsenzzeit Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Abschlussprüfungsnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Verständnisse und Kenntnisse im Verhalten, in der Beschreibung und im Entwurf integrierter analoger und mixed-signal CMOS-Schaltungen.

## Inhalt

- Einführung in die Analogtechnik
- MOS-Technologie (Eigenschaften, Bauelemente Funktionale Sicht)
- MOS-Transistoren in Schaltungen (CMOS-Schaltungskomponenten)
- Frequenzgang der Verstärker (allgemein, Kapazität und Pol, Common Source, Kaskode, Rückkopplung)
- OP-Verstärker (Einstufiger- und Zweistufiger Verstärker, Ausgangsstufe, Kenngrößen)
- Referenzschaltungen (einfache Referenzschaltungen, Bandgap-Referenz, Spannungsregler, IReferenz, gm-Referenz)
- Switched Capacitor Schaltungen (Switched Capacitor (SC) Grundlagen, SC Integrator und Verstärker, SC Filter, Sample und Hold Schaltungen)
- AD-Wandler (Einführung, Komparator, paralleler AD-Wandler, sukzessive Approximation ADWandler, Integrierter Dual Slop AD-Wandler)
- DA-Wandler (Einführung, paralleler AD-Wandler, serieller DA-Wandler)

## Literaturhinweise

Skriptum des Lehrstuhls zur Vorlesung, Vorlesungsfolien, weiterführende Literatur wird zu Beginn der ersten Vorlesung bekannt gegeben

## Weitere Informationen

*Methoden:* Information durch Vorlesung, Vertiefung durch Eigentätigkeit (Nacharbeiten, aktive Teilnahme an den Übungen)

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jedes Sommersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Chihao Xu

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Präsentation einer Arbeit und mündliche Befragung am Semesterende

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzzeit Vorlesung  
+ 15 h Präsenzzeit Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Abschlußprüfung

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Wie Mikroelektronik in Systemen, insbesondere zur Ansteuerung reeller Anwendungen wie Displays eingesetzt wird. Es schließt Systempartitionierung, Design und Algorithmen ein.

## Inhalt

- HV circuit (charge pump, level shifter, hv driver)
- Automotiver Lampentreiber
- Power Management (LDO, Schaltnetzteile)
- Low Power Design
- Licht, Farbe und Visuelle Effekte
- PM-LCD Display Steuerung
- AM-LCD Display (TFT) Steuerung
- PM-OLED Display Steuerung
- AM-OLED Display Steuerung
- Weitere Themen je nach Auswahl der Studierenden

## Literaturhinweise

Vorlesungsfolien, Veröffentlichungen



Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Helmut Seidel

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Helmut Seidel

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Schriftlich oder mündlich

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 45 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Prüfungsnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Erlangen von Grundkenntnissen im Bereich Bauelemente der Mikrosystemtechnik mit Schwerpunkt in der Mikroaktork; Einführung in die Mikrofluidik.

## Inhalt

- Einführung, Marktübersicht
- Skalierungsgesetze
- Passive mechanische Bauelemente
- Prinzipien der Mikroaktork (Elektrostatik, Magnetik, Piezoelektrik, Formgedächtnislegierungen)
- Aktive mechanische Bauelemente (Schalter, Relais, etc.)
- Passive fluidische Bauelemente
- Fluidische Aktoren (Ventile, Pumpen)
- Sensoren in der Fluidik

## Literaturhinweise

Mescheder, Ulrich: "Mikrosystemtechnik - Konzepte und Anwendungen"

Büttgenbach, Stephanus: "Mikromechanik - Einführung in Technologie und Anwendungen"

Gerlach, G.; Dötzel, W.: "Grundlagen der Mikrosystemtechnik"

Menz, Wolfgang; Mohr, Jürgen: "Mikrosystemtechnik für Ingenieure"

M. Madou: Fundamentals of Microfabrication

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jedes Wintersemester</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Helmut Seidel

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Helmut Seidel

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Mündliche oder schriftliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 45 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 45 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 120 h (= 4 ECTS)

**Modulnote** Prüfungsnote

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Erlangen von vertieften Grundkenntnissen in der Herstellungstechnologie von Mikrosystemen und mikroelektronischen Schaltkreisen mit Schwerpunkt in der Halbleitertechnologie

## Inhalt

- Einführung, Technologieüberblick, Reinraumtechnik
- Materialien der Mikrosystemtechnik, Kristallografie
- Herstellung von kristallinem Silizium (Czochralski, Float-Zone)
- Thermische Oxidation und Epitaxie
- Schichtabscheidung: CVD (Chemical Vapor Deposition)
- Physikalische Schichtabscheidung: PVD (Physical Vapor Deposition)
- Dotiertechniken: Diffusion, Ionenimplantation, Annealing
- Lithografie: Kontakt- und Proximity-Belichtung, Waferstepper, Lacktechnik
- Nassätzen, Reinigen (isotrop, anisotrop, elektrochemisch)
- Trockenätzen: Ionenstrahlätzen, Reaktives Ionenätzen, Plasmaätzen
- Bulk-/Oberflächen-Mikromechanik,
- LIGA-Verfahren, Abformtechniken
- Waferbonden, Planarisierungstechniken (Chemisch-mechanisches Polieren)

## Literaturhinweise

Mescheder, Ulrich: "Mikrosystemtechnik - Konzepte und Anwendungen"  
Büttgenbach, Stephanus: "Mikromechanik - Einführung in Technologie und Anwendungen"  
Gerlach, G.; Dötzel, W.: "Grundlagen der Mikrosystemtechnik"  
Menz, Wolfgang; Mohr, Jürgen: "Mikrosystemtechnik für Ingenieure"

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>every winter semester</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Dietrich Klakow

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Dietrich Klakow

**Zulassungsvoraussetzungen** *Mathematik für Informatiker I - III* or comparable; good programming skills.

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Written Exam

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 h lectures  
 + 2 h tutorial  
 + 2 h project work  
 = 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
 + 180 h private study  
 = 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Written exam and graded projects. Exact details will be announced in the first lecture.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

The participants will be introduced to the key ideas of basic classification algorithms and in particular neural networks. A focus is also the implementation and applications to relevant problems. To achieve this, there will be theoretical exercises as well as project work.

## Inhalt

- Classification
- Regression
- Linear Classifiers
- Perceptron
- Support Vector Machines
- Multy-Layer Perceptrons
- Deep Learning Software
- Autoencoders
- LSTMs
- Recurrent Neural Networks
- Sequence-to-sequence learning

## Literaturhinweise

Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville  
 Deep Learning  
 MIT Press, 2016  
<http://www.deeplearningbook.org>

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Peter Druschel, Ph.D.

**Dozent/inn/en** Prof. Peter Druschel, Ph.D.  
Björn Brandenburg, Ph.D

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Regular attendance at classes and tutorials  
Successful completion of a course project in teams of 2 students  
Passing 2 written exams (midterm and final exam)  
A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined from performance in exams, exercises and practical tasks. The exact modalities will be announced at the beginning of the module.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Introduction to the principles, design, and implementation of operating systems

## Inhalt

Process management:

- Threads and processes, synchronization
- Multiprogramming, CPU Scheduling
- Deadlock

Memory management:

- Dynamic storage allocation
- Sharing main memory
- Virtual memory

I/O management:

- File storage management
- Naming
- Concurrency, Robustness, Performance

Virtual machines

## **Literaturhinweise**

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Michael Backes

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Michael Backes  
Prof. Dr. Cas Cremers

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Regular attendance of classes and tutorials
- Passing the final exam
- A re-exam is normally provided (as written or oral examination).

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined by the performance in exams, tutor groups, and practical tasks.  
Details will be announced by the lecturer at the beginning of the course.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Description, assessment, development and application of security mechanisms, techniques and tools.

## Inhalt

- Basic Cryptography,
- Specification and verification of security protocols,
- Security policies: access control, information flow analysis,
- Network security,
- Media security,
- Security engineering

## Literaturhinweise

Will be announced on the course website

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Sven Apel

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Sven Apel

**Zulassungsvoraussetzungen**

- Knowledge of programming concepts (as taught in the lectures *Programmierung 1* and *Programmierung 2*)
- Basic knowledge of software processes, design, and testing (as taught and applied in the lecture *Softwarepraktikum*)

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Beside the lecture and weekly practical exercises, there will be a number of assignments in the form of mini-projects for each student to work on (every two to three weeks). The assignments will be assessed based on the principles covered in the lecture. Passing all assignments is a prerequisite for taking the final written exam. The final grade is determined only by the written exam. Further examination details will be announced by the lecturer at the beginning of the course. In short:

- Passing all assignments (prerequisite for the written exam)
- Passing the written exam

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h exercises  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes and exercises  
+ 180 h private study and assignments  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** The grade is determined by the written exam. Passing all assignments is a prerequisite for taking the written exam. The assignments do not contribute to the final grade. Further examination details will be announced by the lecturer at the beginning of the course.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

- The students know and apply modern software development techniques.
- They are aware of key factors contributing to the complexity of real-world software systems, in particular, software variability, configurability, feature interaction, crosscutting concerns, and how to address them.
- They know how to apply established design and implementation techniques to master software complexity.
- They are aware of advanced design and implementation techniques, including collaboration-based design, mixins/traits, aspects, pointcuts, advice.
- They are aware of advanced quality assurance techniques that take the complexity of real-world software systems into account: variability-aware analysis, sampling, feature-interaction detection, predictive performance modeling, etc.
- They appreciate the role of non-functional properties and know how to predict and optimize software systems regarding these properties.
- They are able to use formal methods to reason about key techniques and properties covered in the lecture.

## Inhalt

- Domain analysis, feature modeling
- Automated reasoning about software configuration using SAT solvers
- Runtime parameters, design patterns, frameworks
- Version control, build systems, preprocessors
- Collaboration-based design
- Aspects, pointcuts, advice
- Expression problem, preplanning problem, code scattering & tangling, tyranny of the dominant decomposition, inheritance vs. delegation vs. mixin composition
- Feature interaction problem (structural, control- & data-flow, behavioral, non-functional feature interactions)
- Variability-aware analysis and variational program representation (with applications to type checking and static program analysis)
- Sampling (random, coverage)
- Machine learning for software performance prediction and optimization

## Literaturhinweise

- Feature-Oriented Software Product Lines: Concepts and Implementation. S. Apel, et al., Springer, 2013.
- Generative Programming: Methods, Tools, and Applications: Methods, Techniques and Applications. K. Czarnecki, et al., Addison-Wesley, 2000.
- Mastering Software Variability with FeatureIDE. J. Meinicke, et al., Springer, 2017.



Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>every summer semester</b>	<b>1 semester</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr. Dietrich Klakow

**Dozent/inn/en** Prof. Dr. Dietrich Klakow

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Written Exam

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 4 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 60 h of classes  
+ 120 h problem solving and private study  
= 180 h (= 6 ECTS)

**Modulnote** Final Exam Mark

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

Acquire core competencies in the mathematical basics of language processing and practice the implementation of essential methods.

## Inhalt

- language processing: basic terms
- mathematical foundations
- word sense disambiguation
- part-of-speech tagging
- named-entity recognition
- information retrieval
- text classification

## Literaturhinweise

Chris Manning and Hinrich Schütze  
Foundations of Statistical Natural Language Processing

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>4 5</b>	<b>4 6</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. habil. J. Rudolph

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. habil. J. Rudolph

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Schriftliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 45 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 60 h Vor- und Nachbereitung  
+ 45 h Klausurvorbereitung  
= 150 h (= 5 ECTS)

**Modulnote** Note der Prüfung

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Verständnis für die systemtheoretischen Grundlagen linearer Systeme sowie für den Entwurf linearer Steuerungen und Regler.

## Inhalt

Es werden lineare zeitinvariante Systeme (endlicher Dimension) mit je einer Eingangs- und einer Ausgangsgröße betrachtet.

- *Einführung*: Systembegriff und regelungstechnische Aufgabenstellungen, Linearität und Linearisierung, Zeitinvarianz, Eingangs-Ausgangs-Darstellung
- *Systeme niedriger Ordnung*: Trajektorienplanung, Steuerung, allgemeine Lösung, P-, PI-, PD- und PID-Regler, parametrische Unbestimmtheiten, Frequenzgang (Ortskurven und Bode-Diagramme)
- *Systeme beliebiger Ordnung*: Eingangs-Ausgangs-Darstellung, Regelungsform, Zustandskonzept, Beobachtbarkeits- und Beobachterform, Diagonalisierung und JordanForm, Phasenportrait für Systeme 2. Ordnung, Beobachtbarkeit, Stabilität (Definition, Ljapunov-Funktion, Ljapunov-Gleichung)

Der Lehrstoff wird in Vorlesungen und Übungen anhand technologischer Beispiele diskutiert und vertieft.

## Literaturhinweise

- [1] Föllinger, O., Regelungstechnik, Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, Hüthig, Heidelberg (1994).
- [2] Lunze, J., Regelungstechnik 1, Springer, Heidelberg (2007).
- [3] Rugh, W. J., Linear System Theory, Prentice Hall, New Jersey (1993).
- [4] Kailath, T., Linear Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (1980).

## Weitere Informationen

Neben einem ausgearbeiteten Skriptum werden umfangreiche Lösungen zu den Übungsaufgaben zur Verfügung gestellt. Außerdem besteht die Möglichkeit, das Erlernete an einem Versuchsstand praktisch anzuwenden und weiter zu vertiefen.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. habil. J. Rudolph

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. habil. J. Rudolph

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Schriftliche oder mündliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 1 SWS Übung  
= 3 SWS

**Arbeitsaufwand** 45 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 60 h Vor- und Nachbereitung  
+ 45 h Klausurvorbereitung  
= 150 h (= 5 ECTS)

**Modulnote** Note der Prüfung

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Verständnis für die systemtheoretischen Grundlagen linearer Systeme sowie für den Entwurf linearer Steuerungen, Regler und Beobachter.

## Inhalt

Es werden allgemeine lineare zeitinvariante Systeme (endlicher Dimension) behandelt.

- *Einführung:*  
Systemdarstellung und Linearisierung
- *Analyse der Systemstruktur, Trajektorienplanung und Steuerung:*  
Polynom-Matrix-Darstellung, Autonomie und Spalten-Hermite-Form, Reduktion, Transformation, Basisgrößen, Kriterien für (Nicht-)Steuerbarkeit, Trajektorienplanung
- *Eingang und Zustand:*  
Wahl eines Eingangs, Zustandskonzept, Steuerbarkeitskriterien für Systeme in Zustandsdarstellung (z.B. Hautus-Kriterium, Kalman-Kriterium), Kalmansche Zerlegung
- *Regelung durch Zustandsrückführung:*  
Stabile Folgeregelung mittels Zustandsrückführung, Folgeregelung bei Messung einer Basis, Beobachterentwurf (Beobachtbarkeit, vollständige und reduzierte Beobachter)

Der Lehrstoff wird in Vorlesungen und Übungen anhand technologischer Beispiele diskutiert und vertieft.

## Literaturhinweise

- [1] Kailath, T., Linear Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs (1980).  
 [2] Reinschke, K., Lineare Regelungs- und Steuerungstheorie, Springer, Berlin (2006).  
 [3] MacDuffee, C. C., The Theory of Matrices, Chelsea Publishing Company, New York (1946).  
 [4] Wolovich, W. A., Linear Multivariable Systems, Springer, New York (1974).

## **Weitere Informationen**

Neben einem ausgearbeiteten Skriptum werden umfangreiche Lösungen zu den Übungsaufgaben sowie Programme zur Simulation ausgewählter Systeme aus Vorlesung und Übung zur Verfügung

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>jährlich</b>	<b>1 Semester</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

**Modulverantwortliche/r** Romanus Dyczij-Edlinger

**Dozent/inn/en** Romanus Dyczij-Edlinger

**Zulassungsvoraussetzungen** keine

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Mündliche oder schriftliche Prüfung

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Vorlesung  
+ 2 SWS Übung  
= 4 SWS

**Arbeitsaufwand** 60 h Präsenzzeit Vorlesung und Übung  
+ 60 h Vor- und Nachbereitung  
+ 30 h Klausurvorbereitung  
= 150 h (= 5 ECTS)

**Modulnote** mündliche oder schriftliche Prüfung

**Sprache** Deutsch

## Lernziele / Kompetenzen

Dieser Kurs lehrt die mathematischen und physikalischen Grundlagen der klassischen Elektrodynamik und versetzt Studierende in die Lage, physikalische Beobachtungen in feldtheoretische Modelle umzusetzen. Der Modul vermittelt grundsätzliches Verständnis für Diffusions- und Wellenausbreitungseffekte und befähigt Studierende, einfache Wirbelstromprobleme und Übertragungsleitungen zu berechnen, die modalen Eigenschaften einfacher Wellenleiter und Resonatoren zu bestimmen und die Strahlungsfelder von Antennenstrukturen zu berechnen.

## Inhalt

Elektromagnetische Felder im Frequenzbereich (Phasoren, Maxwell-Gleichungen, Poynting-Satz); Wirbelströme (Felddiffusion im Zeit- und Frequenzbereich, Relaxationszeit, Eindringtiefe, Beispiele); homogene Übertragungsleitungen (Wellengleichung, Telegraphengleichungen im Zeit- und Frequenzbereich, Ausbreitungseigenschaften, Phasen- und Gruppengeschwindigkeit, Dispersion, Smith-Diagramm, Beispiele); Wellenausbreitung in quellenfreien Gebieten (ebene Wellen im Zeit- und Frequenzbereich, Reflexion und Brechung, Brechungsindex, Totalreflexion, Brewster-Winkel); Anregung elektromagnetischer Wellen (retardierte Potentiale, Freiraum-Lösungen im Zeit- und Frequenzbereich, elektrischer und magnetischer Dipol, Dualität, vektorielles Huygensches Prinzip, Fernfeldnäherungen, Gruppenstrahler); verlustfreie homogene Wellenleiter (axiale Separation, Wellentypen, Ein-Komponenten-Vektorpotentiale, Modenorthogonalität, Dispersionsgleichung, Ausbreitungseigenschaften, Beispiele); verlustfreie homogene Resonatoren (Modenorthogonalität, Störungsrechnung, Beispiele);

## Literaturhinweise

Harrington R.F.: Time-Harmonic Electromagnetic Fields;  
Ramo S., Whinnery J.R., Van Duzer T.: Fields and Waves in Communication Electronics;  
Unger, H.G.: Elektromagnetische Theorie für die Hochfrequenztechnik Bd. 1 & 2;  
Zhan, K., Li, D.: Electromagnetic Theory for Microwaves and Optoelectronics;  
Balanis, C.A., Advanced Engineering Electromagnetics;  
Collin, R.E.: Field Theory of Guided Waves;

Pozar, D.M.: Microwave Engineering;  
Jackson, J.J.: Klassische Elektrodynamik;  
Simonyi, K.: Theoretische Elektrotechnik;  
Feynman, R.P. Leighton, R.B., Sands, M: Vorlesungen über Physik, Bd. 2.

## **Weitere Informationen**

Vorlesungsskripte erhältlich, Übungsbeispiele und alte Prüfungen im Internet abrufbar

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>at least every two years</b>	<b>1 semester</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns

**Dozent/inn/en** Prof. Dr.-Ing. Holger Hermanns  
Prof. Bernd Finkbeiner, Ph.D

**Zulassungsvoraussetzungen** For graduate students: none

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Regular attendance of classes and tutorials
- Passing the final exam
- A re-exam takes place during the last two weeks before the start of lectures in the following semester.

**Lehrveranstaltungen / SWS** 4 h lectures  
+ 2 h tutorial  
= 6 h (weekly)

**Arbeitsaufwand** 90 h of classes  
+ 180 h private study  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Will be determined from performance in exams, exercises and practical tasks. The exact modalities will be announced at the beginning of the module.

**Sprache** English

## Lernziele / Kompetenzen

The students become familiar with the standard methods in computer-aided verification. They understand the theoretical foundations and are able to assess the advantages and disadvantages of different methods for a specific verification project. The students gain first experience with manual correctness proofs and with the use of verification tools.

## Inhalt

- models of computation and specification languages: temporal logics, automata over infinite objects, process algebra
- deductive verification: proof systems (e.g., Floyd, Hoare, Manna/Pnueli), relative completeness, compositionality
- model checking: complexity of model checking algorithms, symbolic model checking, abstraction case studies

## Literaturhinweise

Will be announced before the start of the course on the course page on the Internet.

**Modulbereich 5**

---

***Bachelor-Seminar und -Arbeit***



# Bachelor-Arbeit

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
		jedes Semester	3 Monate	-	12

**Modulverantwortliche/r** Studiendekan der Fakultät Mathematik und Informatik  
Studienbeauftragter der Informatik

**Dozent/inn/en** Professoren der Fachrichtung

**Zulassungsvoraussetzungen** Erfolgreicher Abschluss des *Bachelor-Seminars*

**Leistungskontrollen / Prüfungen** Schriftliche Ausarbeitung. Sie beschreibt sowohl das Ergebnis der Arbeit als auch den Weg, der zu dem Ergebnis führte. Der eigene Anteil an den Ergebnissen muss klar erkennbar sein. Außerdem Präsentation der Bachelorarbeit in einem Kolloquium, in dem auch die Eigenständigkeit der Leistung des Studierenden überprüft wird.

**Lehrveranstaltungen / SWS** keine

**Arbeitsaufwand** 30 h Betreuung durch den Lehrstuhl  
+ 330 h Eigenstudium  
= 360 h (= 12 ECTS)

**Modulnote** Beurteilung der Bachelorarbeit durch die Gutachter.

**Sprache** Deutsch oder Englisch

## Lernziele / Kompetenzen

Die Bachelor-Arbeit ist eine Projektarbeit, die unter Anleitung ausgeführt wird. Sie soll der Kandidaten/die Kandidatin in der Lage versetzen, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem aus dem Gebiet der Informatik selbständig zu lösen und die Ergebnisse in wissenschaftlich angemessener Form zu dokumentieren.

## Inhalt

Bearbeitung einer aktuellen Problemstellung aus der Informatik unter Anleitung. Adäquate Dokumentation der Ergebnisse in Form einer wissenschaftlichen Abschlussarbeit.

Das Thema wird in enger Absprache mit dem anleitenden Dozenten definiert.

## Literaturhinweise

Dem Themengebiet entsprechende wissenschaftliche Artikel in enger Absprache mit dem anleitenden Dozenten.

Studiensem.	Regelst.sem.	Turnus	Dauer	SWS	ECTS
		<b>jedes Semester</b>	<b>variabel</b>	<b>2</b>	<b>9</b>

**Modulverantwortliche/r** Studiendekan der Fakultät Mathematik und Informatik  
Studienbeauftragter der Informatik

**Dozent/inn/en** Dozent/inn/en der Fachrichtung

**Zulassungsvoraussetzungen** Erwerb von mindestens 120 CP

**Leistungskontrollen / Prüfungen**

- Schriftliche Ausarbeitung der Aufgabenstellung der Bachelorarbeit und der relevanten wissenschaftlichen Literatur
- Vortrag über die geplante Aufgabenstellung mit anschließender Diskussion
- Aktive Teilnahme an der Diskussion

**Lehrveranstaltungen / SWS** 2 SWS Seminar

**Arbeitsaufwand** 30 h Präsenzstudium (Seminar)  
+ 30 h Betreuung durch den Lehrstuhl  
+ 210 h Eigenstudium  
= 270 h (= 9 ECTS)

**Modulnote** Wird aus den Leistungen im Vortrag und der schriftlichen Ausarbeitung ermittelt. Die genauen Modalitäten werden von dem/der jeweiligen Dozenten/in bekannt gegeben.

**Sprache** Deutsch oder Englisch

## Lernziele / Kompetenzen

Im Bachelorseminar erwirbt der Studierende unter Anleitung die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Arbeiten im Kontext eines angemessenen Themengebietes.

Am Ende des Bachelorseminars sind die Grundlagen für eine erfolgreiche Anfertigung der Bachelorarbeit gelegt, und wesentliche Lösungsansätze bereits eruiert.

Das Bachelorseminar bereitet somit die Themenstellung und Ausführung der Bachelorarbeit vor.

Es vermittelt darüber hinaus praktische Fähigkeiten des wissenschaftlichen Diskurses. Diese Fähigkeiten werden durch die aktive Teilnahme an einem Lesekreis vermittelt, in welchem die Auseinandersetzung mit wissenschaftlich anspruchsvollen Themen geübt wird.

## Inhalt

Einarbeitung in ein wissenschaftliches Themengebiet innerhalb der Informatik.

Anfertigung einer schriftlichen Ausarbeitung der Aufgabenstellung der Bachelorarbeit und der relevanten wissenschaftlichen Literatur.

Fachvortrag über das Themengebiet und die geplante Aufgabenstellung der Bachelorarbeit.

Das Thema wird in enger Absprache mit dem anleitenden Dozenten definiert.

## Literaturhinweise

Dem Themengebiet entsprechende wissenschaftliche Artikel in enger Absprache mit dem Dozenten