

# Modulbeschreibung

## B.Sc. NanoEngineering PO24

Modulname laut Prüfungsordnung			
Allgemeine Chemie			
Module title English			
General Chemistry			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Allgemeine Chemie			
Course title English			
General Chemistry			
Verantwortung			Lehreinheit
Spoehr, Eckhard			Chemie
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
3	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschreibung von stofflichen Zuständen</li> <li>- Methoden der Stofftrennung</li> <li>- Chemische Elemente</li> <li>- Stoffmengenbegriff und Stöchiometrie</li> <li>- Atomaufbau, Atomeigenschaften, Periodensystem der Elemente</li> <li>- Prototypen der chemischen Bindung und Modelle zu deren Beschreibung</li> <li>- Grundlagen der Kinetik einfacher Reaktionen</li> <li>- Säure-Base-Reaktionen (Protonentransfer-Gleichgewichte)</li> <li>- Redox-Reaktionen (Elektronentransfer-Gleichgewichte)</li> <li>- Thermodynamik chemischer Reaktionen</li> <li>- Grundlagen und Anwendungen der Elektrochemie</li> <li>- Exemplarische Behandlung chemischer Reaktivitäten: Erarbeitung von Reaktivitätstrends vor dem Hintergrund des Periodensystems</li> <li>- Wasserstoffverbindungen: Bindungsvielfalt und deren Reaktivitätsspektrum</li> <li>- Halogene, Prototypen von Nichtmetallen, typische Reaktivitäten von Halogenverbindungen</li> <li>- Alkalimetalle und deren wichtigste Verbindungen und Verbindungseigenschaften</li> <li>- Gruppe 14: der Übergang von Nichtmetallen zu Metallen</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Verständnis und Anwendung einfacher Konzepte der Chemie sowie Erklärung von Stoffeigenschaften und chemischen Vorgängen auf molekularer Ebene. Basierend auf Grundlagenwissen sollen Anwendungsaspekte erklärbar werden. Dazu werden Vorlesungsthemen in Übungen vertieft.</p>

Description / Content English
-------------------------------

- Description of states of matter
- Separation methods
- The chemical elements
- Concepts of amount of substance and stoichiometry
- Structure and properties of atoms, periodic system of elements
- Prototypes and models of chemical bonds
- Basic principles of the kinetics of simple chemical reactions
- Acid-base reactions, proton transfer equilibria
- Redox reactions, electron transfer equilibria
- Thermodynamics and thermochemistry of chemical reactions
- Basic principles and applications of electrochemistry
- Examples of treatment of chemical reactivity: derivation of trends of reactivity based on the knowledge of the periodic system
- Hydrogen compounds, multiple types of bonding, variations of reactivity
- Halogens as prototypes of non-metals, typical reactions
- Alkali metals and their most important compounds
- Group 14: Transition from non-metals to metals

### Learning objectives / skills English

Understanding and application of simple chemical concepts as well as explanations of material properties and chemical processes on the molecular scale. Application aspects shall be explained based on basic fundamental knowledge. Lecture topics are expanded upon in the problem sessions.

### Literatur

Michael Binnewies / Manfred Jäckel / Helge Willner, Allgemeine und Anorganische Chemie. 1. Aufl. Spektrum Akademischer Verlag, München 2004 [ISBN 3-8274-0208-5]  
Charles E. Mortimer / Ulrich Müller, Chemie. Das Basiswissen der Chemie. Verlag Georg Thieme, Stuttgart, New York (E-Book der UB)

Modulname laut Prüfungsordnung			
Application and practice-oriented programming			
Module title English			
Application and practice-oriented programming			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Application and practice-oriented programming			
Course title English			
Application and practice-oriented programming			
Verantwortung			Lehreinheit
Kirchner, Elsa			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1	1	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die Veranstaltung „Application and practice-oriented programming“ konzentriert sich auf die Vermittlung von grundlegenden Programmiertechniken, die anhand realer Problemstellungen in der Übung und dem begleitenden Praktikum erläutert und geübt werden sollen.</p> <p>Im Rahmen dieser Vorlesungen werden aufbauend aus den Inhalten der Vorlesung „Grundlagen der Technischen Informatik“ zunächst die grundlegenden Kenntnisse zur Nutzung von allgemeinen Programmiertechniken anhand von C++ erläutert. Die begleitende Übung soll die dargestellten Methoden anhand realitätsnaher Probleme näher erläutern und in einen praktischen Kontext einbetten. In dem begleitenden Praktikum sollen Studierende selber die Möglichkeit erhalten, die in der Veranstaltung dargestellten Methoden zu trainieren und eigene Programmieranwendungen für den realitätsnahen Anwendungsfall zu konzipieren und zu realisieren. Die Veranstaltung umfasst folgende Themen die aufeinander aufbauend strukturiert sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definitionen und Nutzung grundlegender ein- und mehrdimensionaler Datentypen</li> <li>- relationale Operatoren und bedingte Anweisungen</li> <li>- Iterationsoperationen</li> <li>- Nutzung von Funktionen und Funktionsüberladung</li> <li>- Klassen und Objekte</li> <li>- Grundlagen des Objektorientierten Programmierens</li> <li>- Prinzipien der ordentlichen Codedokumentation</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden erlernen durch die Veranstaltung die grundlegenden Denkweisen und Methoden zur Konzeptionierung und Realisierung von Anwendungslösungen realitätsnaher Problemstellungen. Die in der Vorlesung gelehrtten allgemeinen Programmiertechniken werden in der begleitenden Übung, sowie dem anschließenden Praktikum an praxisnahen Beispielen weiter vertieft.</p>

Description / Content English
-------------------------------

The course „Application and practice-oriented programming“ concentrates on the teaching of basic programming techniques, which are explained and practiced in the exercise and the accompanying practical courses on the basis of common application problems.

In the context of these lectures, building on the contents of the lecture „Fundamentals of Computer Engineering“, the basic knowledge of the use of general programming techniques is first explained using C++.

The accompanying exercise will explain the presented methods in more detail using realistic problems and embed them in a practical context. In the following practical course, students will have the opportunity to practice the methods presented in the course and to design and implement their own programming applications for realistic use cases.

The course includes the following topics which are structured successively:

- definitions and usage of basic one- and multi-dimensional data types
- relational operators and conditional statements
- iteration operations
- use of functions and function overloading
- classes and objects
- basics of object-oriented programming
- basic principles of proper code documentation

### **Learning objectives / skills English**

Through the course, students learn the basic thinking and methods for the conceptual design and realization of application solutions for realistic problems. The general programming techniques taught in the lecture are further deepened in the accompanying exercise, as well as the subsequent practical course on practical examples.

### **Literatur**

Spraul, V. Anton (2013): Think like a programmer. Typische Programmieraufgaben kreativ lösen am Beispiel von C++. 1. Aufl. Heidelberg, München, Landsberg, Frechen, Hamburg: mitp (EBL-Schweitzer).

Stroustrup, Bjarne (2023): Eine Tour durch C++. Der praktische Leitfaden für modernes C++. Übersetzung der 3. Auflage. 1., 2023. Frechen: mitp.

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Bachelor Kolloquium			
<b>Module title English</b>			
Bachelor-Thesis Colloquium			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Bachelor Kolloquium</b>			
<b>Course title English</b>			
Bachelor-Thesis Colloquium			
<b>Verantwortung</b>			<b>Lehreinheit</b>
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
2	W/S	D/E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
			2
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Präsentation			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Präsentation und Diskussion der Bachelorarbeit.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden zeigen, dass sie die Themenstellung der Bachelorarbeit selbständig erfasst und bearbeitet haben. Sie präsentieren und diskutieren diese Themenstellung auf wissenschaftlichem Niveau vor bzw. mit dem Auditorium inkl. des/der Themenstellers/in.

<b>Description / Content English</b>
Presentation and defence of the bachelor thesis.
<b>Learning objectives / skills English</b>
Students prove that they independently understood and elaborated the topic of the bachelor thesis. They present and discuss the topic in front of or with the audience (including the supervisor) on a scientific adequate level.

<b>Literatur</b>

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Bachelor-Arbeit			
<b>Module title English</b>			
Bachelor-Thesis			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Bachelor-Arbeit			
<b>Course title English</b>			
Bachelor-Thesis			
<b>Verantwortung</b>			<b>Lehreinheit</b>
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
12	W/S	D/E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Bachelorarbeit			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Bachelorarbeit stellt die wissenschaftliche Abschlussarbeit des Studienprogramms dar.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Mit der Bachelor-Arbeit zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem selbstständig auf der Grundlage der bis dahin im Bachelor-Studiengang erzielten Qualifikationen zu bearbeiten.

<b>Description / Content English</b>
The bachelor thesis is the scientific graduation thesis of the study program.
<b>Learning objectives / skills English</b>
With the bachelor thesis the students prove their ability to produce independently a scientific thesis on the bachelor level.

<b>Literatur</b>
Abhängig von der Themenstellung. Depending on the topic of the thesis.

Modulname laut Prüfungsordnung			
Bachelorprojekt (B-Nano)			
Module title English			
Bachelor Project (B-Nano)			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Bachelorprojekt (B-Nano)			
Course title English			
Bachelor Project (B-Nano)			
Verantwortung			Lehreinheit
Mertin, Wolfgang			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
10	WiSe	D/E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		5	3
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Experimentelle Arbeit, Dokumentation, Präsentation			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Beim Bachelorprojekt erhält eine Gruppe von Studierenden eine definierte kleinere fachliche Aufgabe aus dem Bereich der Technologie, der Messtechnik oder der Simulation mit Bezug zur Nanotechnologie. Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt im Team und ist wie ein technisches Projekt abzuwickeln, einschließlich Spezifikation, Konzeption, Schnittstellenabsprachen, Terminplanung, Literaturrecherche, Dokumentation und Präsentation der Ergebnisse (wahlweise in englischer Sprache). Es erfolgt eine Benotung der individuellen Leistungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Die Präsentation findet im Rahmen eines Kolloquiums statt.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Nach erfolgreichem Bachelorprojekt sind die Studierenden in der Lage, kleiner fachliche Aufgaben zu lösen. Sie haben den Umgang mit Messtechniken und/oder Simulationswerkzeugen gelernt.

Description / Content English
In a Bachelor Project, a group of students is given a defined technical task from the field of technology, measurement technology, or simulation related to nanotechnology. The solution of this task is carried out in a team and is to be handled like a technical project, including specification, conception, interface agreements, scheduling, literature research, documentation and presentation of the results (optionally in English). The individual performance of the participants will be graded. The presentation takes place in the context of a colloquium.
Learning objectives / skills English
After successful completion of the bachelor Project, students are able to solve smaller technical tasks. They have learned how to use measurement techniques and/or simulation tools.

Literatur
Wird individuell gewählt.



Modulname laut Prüfungsordnung			
Basispraktikum (B-EIT)			
Module title English			
Fundamental Lab (B-EIT)			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Basispraktikum (B-EIT)			
Course title English			
Fundamental Lab (B-EIT)			
Verantwortung			Lehreinheit
Benson, Niels			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
2	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		2	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Das Basispraktikum ist darauf ausgelegt Studierenden der Elektrotechnik und Nanowissenschaften Anwendungen Ihrer Bachelor Studieninhalte zu vermitteln und in Ansätzen darauf vorzubereiten. Zu diesem Zweck werden jeweils im Sommersemester die folgenden 8 Versuche in Gruppenarbeit durchgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikro- und makroskopische Eigenschaften von magnetischen Werkstoffen</li> <li>- Frequenzgang der komplexen Permittivität</li> <li>- Polarisationsverhalten ferroelektrischer Werkstoffe</li> <li>- Ausgleichsvorgänge in linearen Netzwerken</li> <li>- Widerstandsmessbrücken</li> <li>- RL-, RC-Kombination</li> <li>- Auswertung einer Temperaturmessung gemäß GUM</li> <li>- IV Charakterisierung Solarzelle.</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studenten haben einen Überblick über grundlegende elektrotechnische und materialspezifische Größen, die in Ihren jeweiligen Curricula wichtig werden. Des Weiteren beherrschen Sie einfache grundlegende Messkonzepte, um diese Größen bestimmen zu können.</p>

Description / Content English
-------------------------------

This fundamental lab course is designed to convey practical curriculum use to electrical and nano-engineering students with regard to their Bachelor's course content and to give insight into things to come. For this purpose, the following 8 experiments are carried out in group work in the summer semester:

- Microscopic and macroscopic properties of magnetic materials
- Frequency response of complex permittivity
- Polarization behavior of ferroelectric materials
- Equalization processes in linear networks
- Resistance measuring bridges
- RL, RC combination
- Evaluation of a temperature measurement according to GUM
- IV Characterization of solar cells.

#### **Learning objectives / skills English**

The students have an overview on basic electrical and material-specific quantities which are fundamental to their respective curricula. Furthermore, they have mastered basic measurement concepts to be able to determine these variables.

#### **Literatur**

Modulname laut Prüfungsordnung			
Chemische Verfahrenstechnik			
Module title English			
Chemical Reaction Engineering			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Chemische Verfahrenstechnik			
Course title English			
Chemical Reaction Engineering			
Verantwortung			Lehreinheit
Segets, Doris			MB
Kreditpunkte	Turnus		Sprache
5	SoSe		D
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1	1	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Klausur oder Mündliche Prüfung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die (chemische) Reaktionstechnik beschäftigt sich mit der Auslegung (Dimensionierung) chemischer Reaktoren. Ziel ist die sicherste und effizienteste Herstellung eines Produktes bei</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- hohem Umsatz (große Produktionsmengen)</li> <li>- hoher Selektivität (wenig Nebenprodukte)</li> <li>- hoher Ausbeute (wenig Verluste und keine Aufarbeitung) bei minimalem Einsatz von Energie und Rohstoffen.</li> </ul> <p>Wichtige Methoden sind die Erhaltungssätze für Stoff, Energie und Impuls in chemisch reagierende Systeme. Anwendung findet die Reaktionstechnik vor allem in der chemischen Industrie aber auch in der Lebensmittel-, pharmazeutischen, Bio-, Mikro- und Nanotechnologie.</p> <p>Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung</li> <li>- Stöchiometrie</li> <li>- Chemisches Gleichgewicht</li> <li>- Heterogene und multiple Reaktionen</li> <li>- Materialbilanz</li> <li>- Chemische Kinetik</li> <li>- Komplexe Reaktionen</li> <li>- Heterogene Katalyse</li> <li>- Energiebilanz</li> <li>- Verweilzeit</li> </ul> <p>am Beispiel von Satzreaktor, kontinuierlichem Rührkessel und idealem Strömungsrohr als idealisierten Archetypen chemischer Reaktoren. Des Weiteren werden die Grundlagen im Umgang mit der Software MATLAB vermittelt.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Lernziele sind die Grundlagen der Reaktionstechnik, insbesondere die Berechnung von Material- und Energiebilanzen in unterschiedlichen Reaktorprototypen. Die Studierenden verstehen den Einfluss von Temperatur, Verweilzeit und heterogenen Katalysatoren auf die Reaktionsführung und können diese anwenden. Die Studierenden können geeignete experimentelle Methoden zu ihrer Untersuchung auswählen. Die Studierenden können mit Hilfe der Software MATLAB einfache Gleichungssystem und Differentialgleichungen lösen.

### Description / Content English

Reaction engineering deals with the design (dimensioning) of chemical reactors. The aim is to find the safest and most efficient production of a product with

- high turnover (large output)
- high selectivity (little byproducts)
- high yield (few losses and little additional processing) with minimal consumption of energy and feedstock.

Important methods are the conservation laws of mass/moles, energy, and momentum to chemically reacting systems.

Reaction engineering is applied especially in chemical but also in food- and pharmaceutical industry as well as in bio-, micro- and nanotechnology.

Topics:

- Introduction
- Stoichiometry
- Chemical equilibrium
- Heterogeneous and multiple reactions
- Mass/Mole balance
- Chemical kinetics
- Complex reactions
- Heterogeneous catalysis
- Energy balance
- Residence time

using the example of a batch, continuously stirred-tank and plug flow reactor as idealized archetypes of chemical reactors.

In addition, the basics of working with the MATLAB software are taught.

### Learning objectives / skills English

The students comprehend the fundamental of reaction engineering, especially balance of mass and energy for the different prototypes of chemical reactors. The students understand the influence of temperature, pressure, residence time and heterogeneous catalysts for managing reactions and are able to apply these. The students can select appropriate experimental methods to investigate chemical reactors. Using the MATLAB software, students can solve simple systems of equations and differential equations.

### Literatur

J. B. Rawlings and J. G. Eckert, Chemical Reactor Analysis and Design Fundamentals, Nob Hill 2002 (wird hauptsächlich verwendet)

M. Jakubith, Chemische Verfahrenstechnik, VCH 1991

O. Levenspiel, Chemical Reaction Engineering, Wiley 1999 (zur Ergänzung)

H. S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall 2002 (zur Ergänzung)

Modulname laut Prüfungsordnung			
Computergestützte Ingenieurmathematik			
Module title English			
Computer Based Engineering Mathematics			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Computergestützte Ingenieurmathematik			
Course title English			
Computer Based Engineering Mathematics			
Verantwortung			Lehreinheit
Bieder, Stefan			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
1	1	2	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Veranstaltung Computergestützte Ingenieurmathematik führt in einige Grundlagen der numerischen Mathematik mit Anwendungen in der Elektrotechnik und Informationstechnik ein. Themen sind u.a.: Interpolation und Approximation durch Polynome, Anpassung von Kurven, numerische Lösung linearer Gleichungssysteme, numerische Lösung nichtlinearer Gleichungen, numerische Differentiation und Integration, numerische Lösung von Differentialgleichungen.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Absolventen sind in der Lage, numerische Methoden der Ingenieurwissenschaften anzuwenden und in MATLAB zu implementieren.

Description / Content English
The course Computational Engineering Mathematics introduces some basics of numerical mathematics with applications in electrical engineering and information technology. Topics include: Interpolation and approximation by polynomials, fitting of curves, numerical solution of linear systems of equations, numerical solution of non-linear equations, numerical differentiation and integration, numerical solution of differential equations.
Learning objectives / skills English
Graduates are skilled in applying numerical engineering methods and implementing them in MATLAB.

Literatur
Vorlesungsfolien und Manuskript zur MATLAB-Programmierung verfügbar.

Modulname laut Prüfungsordnung			
Eigenschaften und Anwendungen von Nano- und Quantenmaterialien 1			
Module title English			
Properties and Applications of Nano and Quantum Materials 1			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Eigenschaften und Anwendungen von Nano- und Quantenmaterialien 1			
Course title English			
Properties and Applications of Nano and Quantum Materials 1			
Verantwortung			Lehreinheit
Winterer, Markus			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Mündliche Prüfung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>In Nanomaterialien besitzen Schichtdicken, Korn- und Porendurchmesser, etc. ähnliche Dimensionen im Nanomaterbereich. Diese Nano-Struktur ist Ursache für eine Vielzahl chemischer und physikalischer Größeneffekte, die veränderte Eigenschaften erzeugen und zu neuen Anwendungen führen. In dieser Veranstaltung werden insbesondere die thermischen und mechanischen von Nanomaterialien behandelt.</p> <p>Zunächst wird die chemische Bindung quantenmechanisch behandelt und empirische interatomare Potentiale motiviert. Danach wird die Struktur von Festkörpern und ihre Charakterisierung untersucht. Größen- und Grenzflächeneffekte werden behandelt, die bei Einschränkungen der Festkörperdimensionen auftreten aufbauend auf den Eigenschaften idealer - unendlich ausgedehnter - Kristalle. Schwerpunkt bilden dabei die thermischen und mechanischen Eigenschaften, die auf Basis von Phononen und Defekten (atomare Ebene) sowie Festkörpermechanik (makroskopisch) behandelt werden.</p> <p>Nach einer Einführung zum Thema Nanomaterialien werden insbesondere behandelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Bindung in Festkörpern</li> <li>2 Ordnung und Unordnung in Festkörpern</li> <li>3 Phononen, thermische Eigenschaften</li> <li>4 Mechanische Eigenschaften</li> </ol> <p>In den Übungen werden einfache Beispiele bis zur molekulardynamischen Behandlung der Wärmekapazität programmiert.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden können Größen- und Grenzflächeneffekte auf Basis physikalischer und chemischer Theorien erklären und auf Basis dieses grundlegenden Verständnisses spezifische Eigenschaften und Anwendungen von Nanomaterialien erklären.</p>

Description / Content English
-------------------------------

In nanomaterials film thicknesses, grain and pore diameters etc. are of similar dimensions in the nanometer regime. This nano-structure is origin for a large number of chemical and physical size effects which modify properties and lead to new applications. In 'Properties and Applications of Nanomaterials 1' physical properties, especially thermal and mechanical properties are covered.

Initially, chemical bonding is described quantum mechanically and the use of empirical potentials is motivated. Then the structure of solids and their characterization is studied. Size and interface effects are discussed based on the properties of ideal - infinitely large - crystals which are observed when the dimensions of solids state materials are confined. The focus is on thermal and mechanical properties which are described based on phonons and defects (atomistic view) and solid mechanics (macroscopic view).

After an introduction in the topic nanomaterials special emphasis is placed on:

- 1 Bonding in Solids
- 2 Order and Disorder in Solids
- 3 Phonons and thermal properties
- 4 Mechanical Properties

In the tutorial simple examples up to a molecular dynamic description of heat capacity are programmed.

### **Learning objectives / skills English**

The students can explain size and interface effects on the basis of physical and chemical theories. Their fundamental knowledge of these theories enables them to explain specific properties and applications of nanomaterials.

### **Literatur**

Für die Grundlagen:

Ch. Kittel, Einführung in die Festkörperphysik, Oldenburg 2005

G. Gottstein, Physikalische Grundlagen der Materialkunde, Springer 1998

H. Ibach und H. Lüth, Festkörperphysik. Einführung in die Grundlagen, Springer 2002

J. I. Gersten and F. W. Smith, The Physics and Chemistry of Materials, Wiley 2001

und

Originalliteratur zu den Nanoeffekten

Modulname laut Prüfungsordnung			
Eigenschaften und Anwendungen von Nano- und Quantenmaterialien 2			
Module title English			
Properties and Applications of Nano and Quantum Materials 2			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Eigenschaften und Anwendungen von Nano- und Quantenmaterialien 2			
Course title English			
Properties and Applications of Nano and Quantum Materials 2			
Verantwortung			Lehreinheit
Lorke, Axel			Physik
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Durch Strukturierung auf der Nanometerskala lassen sich die elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften von Metallen, Isolatoren und Halbleitern fundamental beeinflussen, - bis hin zum Maßschneidern von Eigenschaften neuartiger Bauelemente.</p> <p>In dieser Veranstaltung werden die verschiedenen Phänomene behandelt, die zu diesen Größeneffekten führen.</p> <p>Aufbauend auf den Volumeneigenschaften von Metallen, Halbleitern, Dielektrika und magnetischen Materialien werden folgenden Themen behandelt:</p> <p>Schichtstrukturen: Dielektrische Spiegel, Halbleiter-Heterostrukturen, magnetische Schichten und Sensoren(GMR, TMR)</p> <p>Eindimensionale Systeme: Quantendrähte, Kohlenstoff-Nanoröhren, ballistischer Transport, quantisierte Leitfähigkeit</p> <p>Nanopartikel und Quantenpunkte: Coulomb-Blockade, Einzelelektronen-Transistor, Quantenpunkt-Laser</p> <p>Darüber hinaus werden durch seminarartige Übungen die soft-skills Teamfähigkeit und Präsentation geübt.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Lernziel ist das Verständnis der verschiedenen optischen, magnetischen und elektrischen Größeneffekte als Grundlage für neuartige nanoskalige Materialien und Bauelemente.</p>

Description / Content English
<p>Through patterning on the nanometer scale, the electrical, magnetic and optical properties of metals, insulators, and semiconductors can be profoundly altered. This opens up the possibility to tailor the characteristics of novel devices. In this course, the different phenomena will be discussed, which will lead to these size effects.</p> <p>Starting from the bulk solid state properties of metals, insulators, and semiconductors, the following topics will be covered:</p> <p>Layered structures: dielectric mirrors, semiconductor heterostructures, magnetic layers and interfaces, magnetic sensors (GMR, TMR).</p> <p>One-dimensional systems: carbon nanotubes, ballistic transport, quantized conductance.</p> <p>Nanoparticles and quantum dots: Coulomb blockade, single electron transistor, quantum dot lasers.</p> <p>Furthermore, seminar-style student talks will strengthen presentation and teamwork skills.</p>



### Learning objectives / skills English

The students should be able to understand the different electrical, magnetic and optical size effects, which are the basis of novel nanoscale materials and devices.

### Literatur

The Physics of low-dimensional Semiconductors, John H. Davies, Cambridge University Press, 1998  
Modern Magnetic Materials, Robert C. O'Handley, John Wiley & Sons Inc (2000) (UB Signatur UIQ7006\_d)  
Nanoscale Materials in Chemistry, Kenneth J. Klabunde, John Wiley & Sons Inc (2001) (UB Signatur UOU1884\_d)  
Magnetism goes Nano, Stefan Blügel (Hrsg.), Jülich , 2005 ISBN: 3-89336-381-5 (UB Signatur UIQ7608+1\_d)  
Nano Science and Technology, Zikang Tang (Hrsg.), Taylor & Francis (2003), (UB Signatur UIQ7519\_d)

**Modulname laut Prüfungsordnung**

Einführung in die Mechanik

**Module title English**

Introduction to Mechanics

**Kursname laut Prüfungsordnung****Einführung in die Mechanik****Course title English**

Introduction to Mechanics

**Verantwortung**

Sokolowski-Tinten, Klaus

**Lehreinheit**

Physik

**Kreditpunkte**

5

**Turnus**

WiSe

**Sprache**

D

**SWS Vorlesung**

3

**SWS Übung**

1

**SWS Praktikum/Projekt****SWS Seminar****Studienleistung****Prüfungsleistung**

Klausur

**Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung****Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Einführung:

- Physikalische Größen
- Basiseinheiten und SI-System

Mechanik des Massenpunktes:

- Kinematik des Massenpunktes (ein, zwei und drei Dimensionen)
- Dynamik des Massenpunktes
- Arbeit, Energie, Leistung
- Kraftstoß, Impuls und Impulserhaltung
- Stoßgesetze

Mechanik des starren Körpers:

- Schwerpunktsatz
- Rotationsdynamik
- Drehimpuls, Drehimpulserhaltung, Drehmoment
- Rotationsenergie und Trägheitsmoment
- Satz von Steiner

Thermodynamik:

- Grundbegriffe
- (ein wenig) kinetische Gastheorie
- Hauptsätze der Thermodynamik

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden kennen die wichtigen Grundbegriffe und Gesetze der klassischen Mechanik (Punktmechanik und Mechanik des starren Körpers) sowie die Grundlagen der Thermodynamik und können diese anwendungsbezogen einsetzen.

**Description / Content English**

**Introduction:**

- Physical quantities
- Base units and SI system

**Mechanics of the point mass:**

- Kinematics of the point mass (one, two, and three dimensions).
- Dynamics of the point mass
- Work, energy, power
- Force impact, momentum and conservation of momentum
- Impact equations

**Mechanics of the rigid body:**

- Center of gravity principle
- Rotational dynamics
- angular momentum, conservation of angular momentum, torque
- Rotational energy and moment of inertia
- Theorem of Steiner

**Thermodynamics:**

- Basic concepts
- (some) kinetic theory of gases
- main theorems of thermodynamics

**Learning objectives / skills English**

The students know the basic concepts and laws of classical mechanics (point mechanics and mechanics of rigid bodies) as well as the basics of thermodynamics and can use them in an application-oriented manner.

**Literatur**

Halliday, Resnick, Walker: Physik für natur- und ingenieurwissenschaftliche Studiengänge. Wiley-VCH, 2019

Tipler, Mosca: Physik - für Wissenschaftler und Ingenieure. Springer - Spektrum, 2014 (verschiedene Auflagen; 7. Auflage im freien online-Zugang)

Modulname laut Prüfungsordnung			
Einführung in die Nano- und Quantentechnologie			
Module title English			
Introduction to Nano and Quantum Technologies			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Einführung in die Nano- und Quantentechnologie			
Course title English			
Introduction to Nano and Quantum Technologies			
Verantwortung			Lehreinheit
Bacher, Gerd			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1	1	1
Studienleistung			
Hausaufgaben, Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Das Modul soll die Studierenden in die Nano- und Quantentechnologie einführen. Dazu wird zunächst eine Begriffsbildung vorgenommen, anschließend wird die Thematik im ingenieurwissenschaftlichen Kontext abgegrenzt, und es werden phänomenologisch Größen- und Quanteneffekte diskutiert. Anschließend erfolgt eine Einführung in zentrale Werkzeuge zur Analyse von Nanostrukturen und Quantenmaterialien, sowie eine Diskussion fundamentaler Prinzipien zur Herstellung von Nanostrukturen und Quantenmaterialien nach dem 'bottom-up' Prinzip und dem 'top-down' Verfahren, aufgegliedert in physikalische und chemische Verfahren. Neben der Erläuterung der Grundlagen der Herstellung und Analyse von Nanostrukturen und Quantenmaterialien wird an ausgewählten Beispielen das Anwendungspotenzial der Nano- und Quantentechnologie aufgezeigt.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sind in der Lage, das Gebiet der Nano- und Quantentechnologie thematisch einzugrenzen und haben einige der wichtigsten Prinzipien von Herstellung und Analyse von Nanostrukturen und Quantenmaterialien verstanden. Sie können an ausgewählten Beispielen das Anwendungspotenzial der Nano- und Quantentechnologie aufzeigen und darlegen, wie sich Größeneffekte auf die Eigenschaften von Nanostrukturen und Quantenmaterialien generell auswirken.</p>

Description / Content English
<p>The lecture shall introduce the students to nanotechnology and quantum technology. For that purpose, a conception is done and the subject is defined within the context of engineering and phenomenological size, and quantum effects are discussed.</p> <p>Afterwards, an introduction into central tools for analyzing nanostructures and quantum materials is given, and fundamental principles for the production of nanostructures and quantum materials with the „bottom-up“ and the 'top-down' principles are discussed, divided into physical and chemical approaches</p> <p>Besides the application, potential of nanotechnology and quantum technology is outlined by selected examples.</p>
Learning objectives / skills English

The students are able to enclose the area of nano- and quantumtechnology and understand the most important principles about the production and analysis of nanostructures and quantum materials. They are able to outline the application potential of nano and quantum technology by help of selected examples, and explain how size effects control the characteristics of nanostructures and quantum materials.

## Literatur

Einführung in die Nanotechnologie, Skriptum, G. Bacher, 2020

Metzler Physik, J.Grehn, J. Krause, Schroedel, 2008, ISBN 978-3-507-10710-6

Introduction to Nanoscience and Nanotechnology, G.L. Hornyak, H.F. Tibbals, J. Dutta, J.J. Moore, CRC Press, 2009, ISBN 978-1-4200-4779-0

Quantentechnologie für Ingenieure, R. Müller, F. Greinert, De Gruyter Studium, Oldenbourg, 2023, ISBN: 978-3-1107-1721-1

Modulname laut Prüfungsordnung				
Einführung in die Polymerwissenschaften				
Module title English				
Introduction to Polymer Sciences				
Kursname laut Prüfungsordnung				
Einführung in die Polymerwissenschaften				
Course title English				
Introduction to Polymer Sciences				
Verantwortung				Lehreinheit
Mayer, Christian				Chemie
Kreditpunkte		Turnus		Sprache
4		SoSe		D
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt		SWS Seminar
2	1			
Studienleistung				
Prüfungsleistung				
Klausur				
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung				

Beschreibung / Inhalt Deutsch
1 Einführung (Polymere, Makromoleküle, Monomereinheiten) 2 Struktur von Makromolekülen 2.1 Konstitution, Konfiguration und Konformation 2.2 Die mittlere Molmasse eines Polymers 3 Herstellung von Polymeren (Polymerisationsreaktionen) 3.1 Radikalische Polymerisation 3.2 Anionische Polymerisation 3.3 Kationische Polymerisation 4 Makromoleküle in Lösung 4.1 Konformation eines gelösten Makromoleküls 4.2 Lösungsviskosimetrie 5 Makromoleküle in einer Polymerschmelze 5.1 Die Viskosität einer Polymerschmelze 5.2 Umformung von flüssigen Polymeren 6 Makromoleküle in festem Polymer 6.1 Amorphe und kristalline Strukturen 6.2 Dynamische Prozesse in festen Polymeren 6.3 Mechanische Eigenschaften von Polymeren 7 Polymere in der Nanotechnologie 7.1 Anwendung in der Lithografie: Resist-Materialien 7.2 Nanoimprinting an Polymeren 7.3 Polymere Nanopartikel 7.4 Technische Anwendungen biologischer Polymere
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Veranstaltung soll ein grundlegendes Verständnis vermitteln, welcher Zusammenhang zwischen der molekularen Struktur und den makroskopischen Eigenschaften eines Polymers besteht. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei in der Ausbildung und Bedeutung von Nanostrukturen.

### Description / Content English

- 1 Introduction (polymers, macromolecules, monomer units)
- 2 Structures of macromolecules
  - 2.1 Constitution, configuration and conformation
  - 2.2 The average molecular mass of polymers
- 3 Preparation of polymers (polymerization reactions)
  - 3.1 Radical polymerization
  - 3.2 Anionic polymerization
  - 3.3 Cationic polymerization
- 4 Macromolecules in solution
  - 4.1 Conformation of a dissolved macromolecule
  - 4.2 Solution viscosimetry
- 5 Macromolecules in the molten state
  - 5.1 Viscosity of a molten polymer
  - 5.2 Handling of molten polymers
- 6 Macromolecules in the solid state
  - 6.1 Amorphous and crystalline states of polymers
  - 6.2 Dynamic processes in solid polymers
  - 6.3 Mechanical properties of solid polymers
- 7 Polymers in nanotechnology
  - 7.1 Application for lithography: resist materials
  - 7.2 Nanoimprinting on polymers
  - 7.3 Polymer nanoparticles
  - 7.4 Technical applications for biological macromolecules

### Learning objectives / skills English

The lecture is meant to deliver basic knowledge in the field of polymer sciences. More specifically, the connection between molecular structure and macroscopic properties of polymers are introduced. A specific emphasis is put on the application of polymers in modern nanotechnology.

### Literatur

M.D. Lechner, K. Gehrke, E.H. Nordmeier: Makromolekulare Chemie: Ein Lehrbuch für Chemiker, Physiker, Materialwissenschaftler und Verfahrenstechniker. 3. Auflage, Birkhäuser Verlag, Basel 2003.

Modulname laut Prüfungsordnung			
Einführung in die Quantentechnologie			
Module title English			
Introduction to Quantum Technology			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Einführung in die Quantentechnologie			
Course title English			
Introduction to Quantum Technology			
Verantwortung			Lehreinheit
Balzer, Frank			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1	1	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>In der Veranstaltung werden Studierende in grundlegende Prinzipien und Anwendungen der Quantenmechanik und ihrer Technologien eingeführt. Die Studierenden erhalten Einblicke in die grundlegenden Konzepte der Quantenmechanik. Dazu gehören Zustandsvektoren, Operatoren und Observablen, die Schrödinger-Gleichung, Polarisation sowie Superposition und Verschränkung. Spezialisierte Themen wie Quantencomputing, Quanten-Sensorik, Quanten-Metrologie und Quanten-Kommunikation werden unter besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik behandelt. Praktische Anwendungen, aktuelle Entwicklungen und zukünftige Perspektiven der Quantentechnologie werden ebenfalls erörtert. In den begleitenden Übungen wird das erworbene Wissen verfestigt, indem Beispiele analytisch und mit Hilfsmitteln wie Matlab/Python gelöst werden. Zusätzlich sammeln die Studierenden durch Praktikumsversuche Erfahrungen mit grundlegenden Experimenten der Quantenoptik und Quantentechnologie.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sind in der Lage, die grundlegenden Konzepte der Quantenmechanik in Bezug auf Quantentechnologien anzuwenden. Sie kennen die Funktionsweise von Quantencomputern, sie verstehen die Prinzipien der Quanten-Sensorik und Quanten-Metrologie und können die Grundlagen der Quantenkommunikation und Quantenkryptographie nachvollziehen. Dies schließt die Fähigkeit zum Lösen grundlegender Probleme der Quantentechnologie ein.</p>

Description / Content English
<p>In this course, students are introduced to the fundamental principles and applications of quantum mechanics and its technologies. They gain insights into the basic concepts of quantum mechanics, including state vectors, operators and observables, the Schrödinger equation, polarization as well as superposition and entanglement. Specialized topics such as quantum computing, quantum sensing, quantum metrology, and quantum communication are covered with a particular focus on electrical engineering. Practical applications, current developments, and future perspectives of quantum technology are also discussed. In the accompanying exercises, the acquired knowledge is reinforced by solving examples analytically and using tools like Matlab/Python. Additionally, students gain hands-on experience with fundamental experiments in quantum optics and quantum technology through laboratory sessions.</p>



### **Learning objectives / skills English**

Students are able to apply the basic concepts of quantum mechanics in relation to quantum technologies. They know how quantum computers work, they understand the principles of quantum sensing and quantum metrology, and can comprehend the basics of quantum communication and quantum cryptography. This includes the ability to solve fundamental problems in quantum technology.

### **Literatur**

Quantentechnologien, R. Müller, F. Greinert, de Gruyter 2023, ISBN 978-3-11-071719-8  
Quantenmechanik, H. Göbel, de Gruyter 2022, ISBN 978-3-11-065935-1

Modulname laut Prüfungsordnung			
Einführung in die Werkstoffe			
Module title English			
Introduction to Materials			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Einführung in die Werkstoffe			
Course title English			
Introduction to Materials			
Verantwortung			Lehreinheit
Bacher, Gerd			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die makroskopischen Eigenschaften der Werkstoffe basieren auf ihrer mikroskopischen Struktur (z.B. Atomsorte, chemische Zusammensetzung, räumliche Verteilung der Atome, Defekteigenschaften, Bandstruktur). Die Kenntnisse der atomaren Werkstoffeigenschaften liefern daher das Verständnis zum makroskopischen Verhalten des Werkstoffes. In der Vorlesung werden der atomare Aufbau der Werkstoffe, das Bändermodell des Festkörpers, die elektrische Leitfähigkeit, die Metalle, Halbleiter, Polymere, sowie dielektrische und magnetische Werkstoffe besprochen.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage, die wichtigsten in der Elektrotechnik vorkommenden Werkstoffe in die Hauptgruppen Metalle, Halbleiter, Polymere, Dielektrika und Magnetika einzuteilen. Sie sind fähig, die Einsatzgebiete der einzelnen Hauptgruppen zu benennen und verstehen die jeweiligen physikalischen Hintergründe. Des Weiteren sind sie in der Lage, Zusammenhänge zwischen makroskopischem Verhalten der Werkstoffe und deren mikroskopischen Ursachen herzustellen und dieses Wissen an Kommilitonen weiterzugeben.

Description / Content English
The macroscopic properties of different materials are based on their microscopic structure (e.g. the type of atoms, the chemical composition, the spatial arrangement of the atoms, the existence of defects, the band structure). The knowledge of the atomistic material properties is the basis for the understanding of the macroscopic material behaviour. Therefore, in this course the atomistic fundamentals, the band model of solid state materials, the electrical conductivity, as well as metals, semiconductors, polymers, dielectric, and magnetic materials will be discussed.
Learning objectives / skills English
The students are in the position to divide the most important materials in electrical engineering into the main groups metals, semiconductors, polymers, dielectrics, and magnetic materials. The students are able to name the applications of each main group and to describe the connection between macroscopic behaviour and microscopic mechanisms. They are able to impart this knowledge to fellow students.

## Literatur

1. H. Schaumburg, Einführung in die Werkstoffe der Elektrotechnik, Teubner Verlag 1993
2. E. Ivers-Tiffée, W. v. Münch, Werkstoffe der Elektrotechnik, Teubner Verlag 2004
3. H. Fischer, H. Hofmann, J. Spindler, Werkstoffe der Elektrotechnik, Hanser Fachbuchverlag 2002
4. G. Fasching, „Werkstoffe für die Elektrotechnik“, Springer Verlag 1994
5. C. Kittel, „Einführung in die Festkörperphysik“, Oldenbourg Verlag 2002
6. D. Meschede, Gerthsen Physik, Springer Verlag 2004
7. H. Haken, H.C. Wolf, Atom- und Quantenphysik, Springer Verlag 2003
8. R. Waser, Nanoelectronics and Information Technology, Wiley-VCH 2003

Modulname laut Prüfungsordnung			
Elektrische Messtechnik			
Module title English			
Electrical Measurement Technology			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Elektrische Messtechnik			
Course title English			
Electrical Measurement Technology			
Verantwortung			Lehreinheit
Schmechel, Roland			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Vorlesung vermittelt die Grundbegriffe der Metrologie und der Messtechnik und stellt die grundlegenden Verfahren zur Messunsicherheitsanalyse und statistischen Datenauswertung gemäß dem „Internationalen Leitfaden zur Angabe von Unsicherheiten beim Messen (GUM)“ vor. Es werden die Methoden zur Messung elektrischer Größen im Gleich- und niederfrequenten Wechselspannungsbereich, untergliedert in die Teilbereiche, passive Messtechnik, aktive Messtechnik und digitale Messtechnik eingeführt und an praktischen Realisierungsbeispielen erläutert. Eine abschließende Einführung in die Sensorik öffnet einen Zugang zur elektrischen Messtechnik nichtelektrischer Größen.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage: <ul style="list-style-type: none"> <li>- messtechnische Aufgaben und Fragestellungen mit der richtigen Terminologie zu beschreiben</li> <li>- Messverfahren für die Messung elektrischer Größen im Gleich- und niederfrequenten Wechselspannungsbereich bezüglich Messunsicherheiten kritisch zu hinterfragen und an die Problemstellung angepasst auszuwählen</li> <li>- eine Abschätzung der Messunsicherheit einschließlich derer Fortpflanzung durchzuführen</li> <li>- eine statistische Auswertung von Messdaten vorzunehmen</li> <li>- einfache Sensoren für die Messung nichtelektrischer Größen auszuwählen und zu optimieren.</li> </ul>

Description / Content English
The lecture teaches the basics of metrology and measurement technology and presents the fundamental procedures of uncertainty analysis and statistical data analysis according to the „Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)“. The methods of measurement for electric quantities in the DC and low frequency AC range are considered in the sub division: passive measurement techniques, active measurement techniques and digital measurement techniques. The methods are explained on practical examples. Finally, sensors are introduced in order to extend the electrical measurement technique to the measurement of non-electrical quantities.
Learning objectives / skills English

The students are able

- to describe measurement problems and questions within the correct terminology
- to choose the adequate methods to measure electric quantities in the DC and AC range and to consider critically uncertainties related to the measurement method
- to estimate the uncertainty of a measurement
- to perform a statistical data analysis
- to select simple sensors for the measurement of non-electrical quantities and to optimize their sensitivity

## Literatur

R. Lerch, Elektrische Messtechnik, Springer Verlag (1996)

E. Schröder, Elektrische Messtechnik, Hanser Verlag, 8. Auflage (2003)

Alan S. Morris: Measurement and Instrumentation Principles, Butterworth-Heinemann, Oxford (2001)

Franz Adunka: Messunsicherheiten, Vulkan Verlag (2007)

Meinhard Schilling: Messtechnik, Pearson Studium (2009)

Modulname laut Prüfungsordnung			
Elektrische Netzwerke			
Module title English			
Electrical Networks			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Elektrische Netzwerke			
Course title English			
Electrical Networks			
Verantwortung			Lehreinheit
Erni, Daniel			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
7	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
3	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Mit den Erkenntnissen des ersten Semesters werden zunächst Bauelemente, einfache Gleichstromschaltungen (Widerstandsnetzwerke mit Quellen) betrachtet und so die Grundlagen weiterführender Netzwerkanalysemethoden erarbeitet (z.B. Kirchhoffsche Knoten- und Maschenregel). Anschließend werden die Grundbauelemente Kondensator, Spule und Transformator vorgestellt und mit ihnen die komplexe Wechselstromrechnung zur Berechnung sinusförmiger Spannungs- und Stromgrößen eingeführt. Anhand einfacher Wechselstromschaltungen werden dann physikalische Phänomene wie z.B. Resonanz, Energie- und Leistungsbegriffe verdeutlicht.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Nach dem Besuch der Veranstaltung sollen die Studierenden in der Lage sein,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- grundsätzliche Ansätze zur Berechnung von Netzwerken zu benennen und anzuwenden sowie einfache Schaltungen und deren Eigenschaften zu bezeichnen,</li> <li>- die komplexe Wechselstromrechnung für Größen mit sinusförmiger Zeitabhängigkeit anzuwenden,</li> <li>- Energie- und Leistungsbetrachtungen in Wechselstromschaltungen durchzuführen.</li> </ul>

Description / Content English
<p>This course is based on the preceeding lecture (Fundamentals of Electrical Engineering E1) and starts with the introduction of electronic devices, such as resistors, capacitors, inductors, transformers, and electrical sources. After the definition of Kirchhoff's voltage and current laws, basic methodologies for analyzing DC networks are discussed. The following part is then devoted to steady-state sinusoidal circuit analysis (i.e. complex AC analysis), providing the most powerful tool for analyzing AC circuits. The latter is then further developed towards formal, matrix-based network analysis methods.</p>
Learning objectives / skills English

Based on this course, the students should be able

- to analyze simple or complicated electrical networks based on the appropriate analysis method,
- to use the complex formalism in the framework of the steady-state sinusoidal circuit analysis,
- to carry out quantitative evaluations of electronic circuits with respect to energy and power.

## Literatur

Ingo Wolff, Grundlagen der Elektrotechnik 2, Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, Aachen 2005. [ISBN: 3-922697-33-X]  
Seitenzahl 374

T. Harrieshausen, D. Schwarzenau, Moeller Grundlagen der Elektrotechnik. 24. Auf., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2020. 716  
Seiten

Manfred Albach, Elektrotechnik. Pearson Studium, 2011. 629 Seiten

Modulname laut Prüfungsordnung			
Elektrische und magnetische Felder			
Module title English			
Electric and Magnetic Fields			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Elektrische und magnetische Felder			
Course title English			
Electric and Magnetic Fields			
Verantwortung			Lehreinheit
Erni, Daniel			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
7	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
3	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>In dieser Erstsemester-Veranstaltung werden die Grundlagen zur Behandlung von elektrischen und magnetischen Feldern anhand des Teilchen- und des Feldmodells sowie der Kraftwirkung auf Ladungen als Verknüpfung der beiden Modelle erörtert. Die Betrachtung der Ursache, Wirkung und Gesetzmäßigkeiten der beiden Felder sowie die örtliche Betrachtungsweise sollen dabei ein anschauliches Verständnis des Feldbegriffes vermitteln. Dazu werden z.B. für einen Raumpunkt die sog. Feldgrößen als auch für Raumgebiete die Integral- und Globalgrößen (z. B. Strom und Spannung) verwendet. Die Speicherung und der Transport von Energie im elektromagnetischen Feld wird dabei ebenso erläutert wie das Grundprinzip der Induktion. Die Vorlesung beinhaltet die folgenden Themenstellungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrostatik</li> <li>- Der elektrische Strom</li> <li>- Magnetostatik</li> <li>- Das Induktionsgesetz</li> <li>- Feldenergie und Kräfte</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Nach dem Besuch der Veranstaltung sollen die Studierenden in der Lage sein,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundbegriffe und Größen des elektrischen und magnetischen Feldes anzugeben</li> <li>- das Verhalten der Feldgrößen an Grenzflächen zu beurteilen</li> <li>- die Definition des Potentials, der Spannung und des Stromes anzugeben und zu erläutern</li> <li>- das Induktionsgesetz durch die Bewegung eines elektrischen Leiters als auch durch Änderung des magnetischen Flusses zu erläutern.</li> </ul>

Description / Content English
-------------------------------



This first semester course on „Grundlagen der Elektrotechnik I“ (Fundamentals of Electrical Engineering I) is devoted to a fundamental understanding of electric and magnetic fields. Each of the two fields is defined along its two representations, namely with respect to its action of force and to its source, and studied in its spatial nature for typical source distributions and boundary values. The lecture includes the following topics:

- Electrostatics
- Electric currents
- Magnetostatics
- Faraday's law
- Field energy and forces

#### **Learning objectives / skills English**

Based on this course the students are capable of:

- reproducing the fundamental terms of electric and magnetic fields
- correctly evaluating the behavior of electric and magnetic fields at different boundaries
- reproducing the definition and behavior of the electrostatic potential and the electric current
- mastering the consequences of Faraday's law with respect to both a moving conductor in a magnetostatic field and a temporal change of the magnetic flux.

#### **Literatur**

Ingo Wolff, Grundlagen der Elektrotechnik 1, Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, Aachen, 2003, S. 408. [ISBN: 3-922697-28-3]  
T. Harrieshausen, D. Schwarzenau, Moeller Grundlagen der Elektrotechnik. 24. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2020. 716 Seiten  
Manfred Albach, Elektrotechnik. Pearson Studium, 2011. 629 Seiten

Modulname laut Prüfungsordnung				
Elektronische Bauelemente				
Module title English				
Electronic Devices				
Kursname laut Prüfungsordnung				
Elektronische Bauelemente				
Course title English				
Electronic Devices				
Verantwortung				Lehreinheit
Weimann, Nils				ET
Kreditpunkte		Turnus		Sprache
5		WiSe		D
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt		SWS Seminar
2	1	1		
Studienleistung				
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum				
Prüfungsleistung				
Klausur				
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung				

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Aufbauend auf den Grundlagen der Festkörperelektronik werden zunächst MOS-Kondensatoren und Ladungsgekoppelte Bauelemente (CCD) behandelt.</p> <p>Im Anschluss daran werden die Grundlagen von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feldeffekttransistoren (MOSFET, Sperrschicht-FET (MESFET, JFET) und Heterostruktur-FET (HFET)) sowie</li> <li>- bipolaren Bauelementen (pn-Dioden, npn- bzw. pnp-Transistoren, und spezielle Bauteile wie Tunnel- und Zenerdioden)</li> </ul> <p>erarbeitet und die DC-Eigenschaften dieser Bauelemente hergeleitet.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind fähig, die grundlegenden Konzepte elektronischer Bauelemente zu verstehen und die Abhängigkeiten von technologischen Größen abschätzen zu können.

Description / Content English
<p>Based on the solid-state electronics fundamentals MOS-capacitors and charge-coupled devices (CCD) are treated. Subsequently, the basics of</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- field-effect transistors (MOSFET, junction FET (MESFET, JFET) and heterostructure-FET (HFET)) and</li> <li>- bipolar devices (pn-diode, npn- and pnp-bipolar transistors, tunnel diodes and thyristors)</li> </ul> <p>are covered and the DC-characteristics of these devices are derived.</p>
Learning objectives / skills English
The students are able to understand the fundamentals of electronic devices and the influence of various technological and layout parameters on their characteristics.

Literatur
-----------

- 1 F.J.Tegude, Festkörperelektronik, Skript zur Vorlesung, Universität Duisburg - Essen, 2004
- 2 K.-H. Rumpf, K.Pulvers, Elektronische Halbleiterbauelemente – Vom Transistor zur VLSI-Schaltung, Dr. Alfred Hüthig Verlag Heidelberg, ISBN 3-7785-1345-1, 1987
- 3 K.Bystron, J.Borgmeyer, Grundlagen der Technischen Elektronik, Carl Hanser Verlag, München Wien, Studienbücher, ISBN 3-446-15869-3, 1990
- 4 R.S. Muller, T.I.Kamins, Device Electronics for Integrated Circuits, John Wiley & Sons, 1986, ISBN 0-471-88758-7
- 5 H.Tholl, Bauelemente der Halbleiterelektronik, B.G.Teubner, Stuttgart, 1978, II, Teil 2, ISBN 3-519-06419-7
- 7 M.Shur, GaAs Devices and Circuits, Plenum Press, Microdevices: Physics and Fabrication Technologies, New York 1987, ISBN 0-306-42192-5

Modulname laut Prüfungsordnung			
Festkörperelektronik			
Module title English			
Solid State Electronics			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Festkörperelektronik			
Course title English			
Solid State Electronics			
Verantwortung			Lehreinheit
Weimann, Nils			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
3	1		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Ausgehend von der Quantenpyhsik, u.a. basierend auf der Heisenbergschen Unschärferelation, der Schroedinger-Gleichung und dem Atommodell, gibt dieser Kurs eine Einführung in die elektronischen Eigenschaften der Festkörper. Unter Verwendung der Schroedinger-Gleichung wird das einfache Kronig-Penney-Bändermodell entwickelt. Daran werden die Unterschiede zwischen Isolatoren, Metallen und Halbleitern verdeutlicht. Die Theorie zur Ladungsträgerverteilung und -besetzungsstatistik von Elektronen und Löchern in Halbleitern wird entwickelt und zusammen mit den Transporteigenschaften speziell in Halbleitern wird die elektrische Leitfähigkeit in diesen Materialien hergeleitet. Feld- und Diffusionsstrom-Transportmechanismen sowie Poisson- und Kontinuitätsgleichung werden behandelt und darauf basierend werden die Grundlagen für den pn-Übergang und das MOS-System entwickelt. Die Absorption und Emission elektromagnetischer Strahlung in und von Halbleitern und das Laserfunktionsprinzip wird behandelt.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sind in der Lage, die grundsätzlichen festkörperphysikalischen Zusammenhänge, die zur Behandlung der diversen elektronischen Bauelemente zu einem späteren Zeitpunkt notwendig sind, zu verstehen.</p>

Description / Content English
<p>This course starts with basic Quantum physics relevant for the solid state. Starting from Schrödinger's equation and Heisenberg's uncertainty relations the simple Kronig-Penney solid state model and the corresponding band structure is developed, explaining the specifics of isolators, metals and semiconductors. Carrier statistics and transport mechanisms as well as continuity and Poisson's equations, especially in semiconductors, are addressed. Based thereon the fundamental properties of the metal-semiconductor, pn-junction and MOS systems, and also optical absorption and emission, including the laser concept, are developed.</p>
Learning objectives / skills English
<p>Students are able to understand the fundamentals of solid-state electronics with respect to electronic devices.</p>

## Literatur

- 1 S.Sze, „Physics of Semiconductor Devices“, John Wiley and Sons, New York, 1982
- 2 C.Kittel, „Intorduction to Solid-State Electronics“, John Wiley and Sons, New York, 1995
- 3 Schaumburg, „Halbleiter“, Teubner-Verlag, Stuttgart, 1991
- 4 R.Kassing, „Physikalische Grundlagen der elektronischen Halbleiterbauelemente, Aula Verlag, Wiesbaden
- 5 A. Schlachetzki, „Halbleiter-Elektronik“, Teubner Verlag, Stuttgart, 1990

Modulname laut Prüfungsordnung				
Grundlagen der Elektrochemie				
Module title English				
Basics of Electrochemistry				
Kursname laut Prüfungsordnung				
Grundlagen der Elektrochemie				
Course title English				
Basics of Electrochemistry				
Verantwortung				Lehreinheit
Fattakhova-Rohlfing, Dina				MB
Kreditpunkte		Turnus		Sprache
5		SoSe		D
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt		SWS Seminar
2	1			
Studienleistung				
Prüfungsleistung				
Klausur				
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung				

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die Veranstaltung vermittelt die grundlegenden Konzepte der Elektrochemie und elektrochemische Charakterisierungsmethoden sowie deren Anwendung in den wichtigsten Prozessen der elektrochemischen Energieumwandlung und Energiespeicherung. Hierzu zählen elektrochemische Speicher (Batterien und Superkondensatoren), Brennstoffzellen und Elektrolysezellen.</p> <p>Die Vorlesung umfasst die folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundbegriffe der Elektrochemie: Potenzial, elektrischer Strom, Ladung und Leitfähigkeit</li> <li>- Elektrodenpotenzial, Nernst'sche Gleichung, Faraday'sches Gesetz;</li> <li>- Ionische Leitfähigkeit;</li> <li>- Strom und stromlimitierende Schritte</li> <li>- Massentransport in elektrochemischen Prozessen (Migration und Diffusion)</li> <li>- Elektrode-Elektrolyt-Grenzflächen</li> <li>- Elektroanalytische Methoden.</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Grundlegendes Verständnis und Konzepte von Ladungstransfer- und Ladungstransportprozessen in der modernen Elektrochemie sowie deren praktische Anwendung in unterschiedlichen elektrochemischen Charakterisierungstechniken und der Ergebnisinterpretation.</p>

Description / Content English
-------------------------------

The course introduces the basic concepts of electrochemistry and electrochemical characterization methods that provide a foundation for understanding the principles of important electrochemical energy conversion and storage processes such as batteries, supercapacitors, fuel cells, and electrolysis cells.

The course covers the following topics:

- Basic electrochemical concepts: potential, current, charge and conductivity;
- Electrode potential, Nernst equation, Faraday's law;
- Ionic conductivity;
- Electrical current and current-limiting steps;
- Mass transport in electrochemical processes (migration and diffusion)
- Electrode-Electrolyte interface
- Electroanalytical methods.

### Learning objectives / skills English

Students understand the basic principles of electrochemical processes such as charge transfer and charge transport as well as the principles of various electrochemical characterization techniques and are able to apply this knowledge to describe important electrochemical energy conversion and storage devices

### Literatur

Vorlesungsfolien (pdf-Dateien), Übungsaufgaben (pdf-Dateien)

Peter W. Atkins, Julio de Paula. Kurzlehrbuch Physikalische Chemie, 4. Auflage, Wiley-VCH, 2006

Charles E. Mortimer, Ulrich Müller. Chemie: das Basiswissen der Chemie, 10. Auflage, Thieme, 2010

Wolfgang Bechmann, Joachim Schmidt. Einstieg in die Physikalische Chemie für Nebenfächler. 4. Auflage, Vieweg+Teubner, 2010

C.H. Haman, A. Hamnett, W. Vielstich „Electrochemistry“ Wiley-VCH (2007), ISBN978-3527310692

A.J. Bard and L.R. Faulkner „Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications“ Wiley, (2001), ISBN 978-0471043720;

Modulname laut Prüfungsordnung			
Grundlagen der technischen Informatik			
Module title English			
Fundamentals of Computer Engineering			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Grundlagen der technischen Informatik			
Course title English			
Fundamentals of Computer Engineering			
Verantwortung			Lehreinheit
Kirchner, Elsa			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1	1	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Diese Vorlesung gibt den Studierenden das grundlegende Verständnis der technischen Informatik, wie sie für den Entwurf und die Analyse der Hardware erforderlich sind.</p> <p>Sie lernen auf der Basis der Booleschen Algebra zu unterscheiden zwischen der Nutzung von 0 und 1 für die grundlegenden Methoden der Schaltalgebra zur Minimierung logischer Ausdrücke, der Verwendung binärer Codes zur arithmetischen Verarbeitung wie auch zur Darstellungscodierung wie schließlich zur Steuerung von Funktionen beim Aufbau von Rechnern. Aus dem Verständnis von Wahrheitstabellen und charakteristischen Gleichungen von Flip-Flops wird der Entwurf digitaler Schaltkreise (kombinatorische und sequenzielle) abgeleitet; Grundlagen der Automatentheorie führen zur Mikroprogrammierung.</p> <p>Abschließend wird die Realisierung komplexerer Funktionen, wie sie zum Aufbau von Rechnern benötigt werden, vorgestellt und diskutiert.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden lernen durch diese Veranstaltung die grundlegenden Denkweisen der Booleschen Algebra und Codierung in den grundlegenden Anwendungsformen kennen. Sie werden in den Stand versetzt, derartige Vorgehensweisen auf einfache Schaltungen der Rechnertechnik, aber auch auf andere Aufgabenstellungen anzuwenden</p>

Description / Content English
<p>This course provides a basic insight in the fundamental understanding of computer engineering as it is necessary for design and analysis of hardware.</p> <p>Based on an understanding of Boolean algebra, students will learn to distinguish between the use of binary 0's and 1's for basic minimization methods for logical expressions, the use of binary codes for arithmetic calculations, for the representation of information, and finally the control of basic functions in computers.</p> <p>Understanding of truth tables and characteristic equations of flip-flops leads to the design of digital circuits (combinatorial and sequential). Fundamentals of automata theory lead to the introduction of microprogramming. Finally, more complex functions including the modules required to build a simple microcomputer are explained and discussed.</p>



### **Learning objectives / skills English**

Students learn the basic methods of Boolean algebra and coding, as well as the different strategies for applying them. They are able to use this knowledge for the development of digital circuits, simple computer systems as well as for further applications.

### **Literatur**

1. Hoffmann, D.: Grundlagen der technischen Informatik; Hanser Verlag München 2013 [D43 TWG 40340]
2. Becker, B.; Drechsler, R.; Molitor, P.: Technische Informatik- Eine einführende Darstellung; Oldenbourg Verlag, München 2008 [D45 TWG 4734]
3. Roth, Charles: Fundamentals of Logic Design, Cengage Learning, 2013 [Edition 2001: 45YGQ4426]

Modulname laut Prüfungsordnung			
Industriepflichtpraktikum			
Module title English			
Industrial Internship			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Industriepflichtpraktikum			
Course title English			
Industrial Internship			
Verantwortung			Lehreinheit
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
12	W/S	D/E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Bericht			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Studierende eines Bachelor-Studiengangs haben eine berufspraktische Tätigkeit (Industriepraktikum) im Umfang von insgesamt mindestens 12 Wochen spätestens bei der Anmeldung zur Bachelor-Arbeit nachzuweisen. Im Praktikum gibt es die Möglichkeit, einzelne Bereiche eines Industrieunternehmens kennenzulernen und dabei das im Studium erworbene Wissen umzusetzen. Ein weiterer wesentlicher Aspekt liegt im Erfassen der soziologischen Seite des unternehmerischen Geschehens und das Verhältnis Führungskräfte - Mitarbeiter kennenzulernen, um so künftig Wirkungsmöglichkeiten richtig einzuordnen.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Im Studienverlauf soll das Praktikum das Studium ergänzen und erworbene theoretische Kenntnisse in ihrem Praxisbezug vertiefen. Die berufspraktische Tätigkeit in Industriebetrieben ist förderlich zum Verständnis der Vorlesungen und zur Mitarbeit in den Übungen zum Studium. Als wichtige Voraussetzung für ein erfolgreiches Studium im Hinblick auf die spätere berufliche Tätigkeit ist sie wesentlicher Bestandteil des Studienganges.

Description / Content English
Students on a Bachelor's degree course must provide evidence of practical work experience (industrial internship) of at least 12 weeks in total at the latest when registering for the Bachelor's thesis. The internship gives students the opportunity to get to know individual areas of an industrial company and to apply the knowledge they have acquired during their studies. Another important aspect is to understand the sociological side of entrepreneurial activity and to get to know the relationship between managers and employees in order to correctly classify future opportunities for action.
Learning objectives / skills English
During the course of study, the internship is intended to complement the course and deepen the acquired theoretical knowledge in its practical relevance. Practical work experience in industrial companies is conducive to understanding the lectures and participating in the course exercises. As an important prerequisite for successful studies with regard to later professional activity, it is an essential part of the degree course.

Literatur

Modulname laut Prüfungsordnung			
Mathematik 1 (für Ingenieure)			
Module title English			
Mathematics 1 (for Engineers)			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Mathematik 1 (für Ingenieure)			
Course title English			
Mathematics 1 (for Engineers)			
Verantwortung			Lehreinheit
Birsan, Mircea			Mathe
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
8	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
4	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Beschreibung (deutsch):  Es wird Differential- und Integralrechnung in einer Variablen zusammen mit den dazu nötigen Grundlagen behandelt.  Hauptpunkte sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlegendes über Mengen;</li> <li>2. Die vollständige Induktion;</li> <li>3. Reelle und komplexe Zahlen;</li> <li>4. Eigenschaften von Funktionen;</li> <li>5. Unendliche Folgen und Reihen;</li> <li>6. Potenzreihen und elementare Funktionen;</li> <li>7. Stetige Funktionen;</li> <li>8. Differentialrechnung in einer Variablen;</li> <li>9. Integralrechnung: Stammfunktionen und bestimmte Integrale;</li> <li>10. Uneigentliche Integrale.</li> </ol>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind fähig, die Operationen mit Mengen auszuführen und die Beweismethode der vollständigen Induktion anzuwenden.

Die Studierenden sind in der Lage, Berechnungen mit komplexen Zahlen auszuführen und algebraische Gleichungen im Komplexen aufzulösen.

Die Studierenden sind fähig, die wichtigsten Methoden der Differentialrechnung von Funktionen einer reellen Variablen anzuwenden: Sie können insbesondere

- Grenzwerte von Folgen, Reihen und Funktionen bestimmen,
- Ableitungen und höhere Ableitungen von Funktionen berechnen,
- Untersuchungen zum Verhalten von Funktionen (bezüglich Stetigkeit, Monotonie, relative Extrema) durchführen,
- Konvergenzkriterien und Divergenzkriterien für unendliche Reihen anwenden,
- analytische Funktionen in Potenzreihen (Taylor-Reihen) entwickeln.

Die Studierenden sind in der Lage, die wichtigsten Methoden der Integralrechnung von Funktionen einer reellen Variablen anzuwenden: Sie können insbesondere

- Stammfunktionen von Funktionen bestimmen,
- bestimmte Integrale von elementaren Funktionen berechnen,
- Integration rationaler Funktionen durchführen,
- Konvergenz- (bzw. Divergenz-) Verhalten von uneigentlichen Integralen bestimmen.

### Description / Content English

The differential calculus and integral calculus of functions of one variable is treated, together with the necessary fundamentals. The main points are:

1. Fundamentals about sets;
2. The complete induction;
3. Real and complex numbers;
4. Properties of functions;
5. Infinite sequences and series;
6. Power series and elementary functions;
7. Continuous functions;
8. Differential calculus of functions of one variable;
9. Integral calculus: primitive functions and definite integrals;
10. Improper integrals.

### Learning objectives / skills English

The students are capable to perform operations with sets and to apply the method of complete induction.

The students are able to perform calculations with complex numbers and to solve algebraic equations in the framework of complex numbers.

The students are capable to apply the most important methods of the differential calculus of functions of one real variable: Especially, they can

- determine limits of sequences, series and functions,
- calculate derivatives and higher derivatives of functions,
- investigate the behaviour of functions (with respect to continuity, monotony, relative extrema),
- apply convergence and divergence criteria for infinite series,
- expand analytic functions in power series (Taylor series).

The students are able to apply the most important methods of the integral calculus of functions of one real variable: Especially, they can

- determine primitive functions,
- calculate the definite integrals of some elementary functions,
- integrate rational functions,
- determine the convergence behaviour (respectively, divergence behaviour) of improper integrals.

### Literatur

- Gölmann et al.: Mathematik für Ingenieure: Verstehen-Rechnen-Anwenden, Springer (2017).
- Brauch/Dreyer/Haacke: Mathematik für Ingenieure, Teubner, 10. Auflage (2003).
- Burg/Haf/Wille: Höhere Mathematik für Ingenieure, Teubner, Band I, 5. Auflage (2001) und Band II, 4. Auflage (2002).
- Hoffmann/Marx/Vogt: Mathematik für Ingenieure 1, Pearson Studium, 1. Auflage (2005).
- Kreyszig: Advanced Engineering Mathematics, Wiley, 9. Auflage (2006).
- Papula: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Vieweg, Band I und II, 10. Auflage (2001), Band III, 4. Auflage (2001).
- Papula: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Klausur- und Übungsaufgaben, Vieweg, 1. Auflage (2004).

Modulname laut Prüfungsordnung			
Mathematik 2 (für Ingenieure)			
Module title English			
Mathematics 2 (for Engineers)			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Mathematik 2 (für Ingenieure)			
Course title English			
Mathematics 2 (for Engineers)			
Verantwortung			Lehreinheit
Birsan, Mircea			Mathe
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
7	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
4	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die wichtigen Hilfsmittel zur Bearbeitung mehrdimensionaler Probleme (wie z. B. Vektorrechnung, lineare Gleichungssysteme, Matrizen und Determinanten) werden zusammengestellt. Die partiellen Ableitungen der Funktionen mit mehreren Variablen und ihre Anwendungen werden behandelt. Danach folgen Techniken zur Berechnung von (Raum-)Kurvenintegralen und Integralen über Normalbereiche. Zum Abschluss wird in die Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung eingeführt. Hauptpunkte sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vektorrechnung;</li> <li>2. Lineare Gleichungssysteme;</li> <li>3. Matrizen und Determinanten;</li> <li>4. Eigenwerte und Eigenvektoren;</li> <li>5. Kurven und Flächen zweiten Grades;</li> <li>6. Differentialrechnung in mehreren Variablen;</li> <li>7. Taylor-Formel und relative Extrema;</li> <li>8. Kurvenintegrale;</li> <li>9. Parameterintegrale und Integrale über Normalbereiche;</li> <li>10. Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung.</li> </ol>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind fähig, die Operationen mit Vektoren auszuführen und die Ebenengleichung und Geradengleichung zu verwenden, um geometrische Probleme zu lösen.

Die Studierenden sind in der Lage, die wichtigsten Methoden der linearen Algebra anzuwenden: Sie können insbesondere

- lineare Gleichungssysteme lösen,
- Determinanten berechnen,
- Eigenwerte und Eigenvektoren berechnen,
- Kurven und Flächen zweiten Grades klassifizieren.

Darüber hinaus sind sie fähig, Grenzwerte und partielle Ableitungen von Funktionen mit mehreren reellen Variablen zu berechnen und Extrema (Maxima und Minima) solcher Funktionen zu bestimmen. Die Studierenden sind in der Lage, Kurvenintegrale und Integrale über Normalbereiche zu berechnen. Sie sind auch fähig, die wichtigsten Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie zu gebrauchen.

### Description / Content English

The important tools for the treatment of multi-dimensional problems (such as, for instance, vector calculus, systems of linear equations, matrices and determinants) are presented. The partial derivatives of functions of several variables and their applications are treated. Then, the techniques for the computation of curvilinear integrals and integrals over normal domains are presented. Finally, the fundamentals of probability theory are introduced.

The main points are:

1. Vector calculus;
2. Linear systems of equations;
3. Matrices and determinants;
4. Eigenvalues and eigenvectors;
5. Curves and surfaces of second grade;
6. Differential calculus of functions of several variables;
7. Taylor formula and relative extrema;
8. Line integrals;
9. Integrals with parameters and integrals over normal domains;
10. Basics of probability theory.

### Learning objectives / skills English

The students are capable to perform operations with vectors and to use the plane equation and the line equation to solve geometrical problems.

The students are able to apply the most important methods of linear algebra: Especially, they can

- solve systems of linear equations,
- calculate determinants,
- calculate eigenvalues and eigenvectors,
- classify curves and surfaces of second grade.

Moreover, they are capable to compute limits and partial derivatives of functions of several variables and to determine the extreme values (maxima und minima) of such functions. The students are able to calculate line integrals and integrals over normal domains. They are also capable to employ the most important basic ideas of probability theory.

### Literatur

- Gölmann et al.: Mathematik für Ingenieure: Verstehen-Rechnen-Anwenden, Springer (2017).
- Brauch/Dreyer/Haacke: Mathematik für Ingenieure, Teubner, 10. Auflage (2003).
- Burg/Haf/Wille: Höhere Mathematik für Ingenieure, Teubner, Band I, 5. Auflage (2001) und Band II, 4. Auflage (2002).
- Hoffmann/Marx/Vogt: Mathematik für Ingenieure 1, Pearson Studium, 1. Auflage (2005).
- Kreyszig: Advanced Engineering Mathematics, Wiley, 9. Auflage (2006).
- Papula: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Vieweg, Band I und II, 10. Auflage (2001), Band III, 4. Auflage (2001).
- Papula: Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Klausur- und Übungsaufgaben, Vieweg, 1. Auflage (2004).

Modulname laut Prüfungsordnung				
Mathematik E3				
Module title English				
Mathematics E3				
Kursname laut Prüfungsordnung				
Mathematik E3				
Course title English				
Mathematics E3				
Verantwortung				Lehreinheit
Christof, Constantin				Mathe
Kreditpunkte		Turnus		Sprache
6		WiSe		D
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt		SWS Seminar
3	2			
Studienleistung				
Prüfungsleistung				
Klausur				
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung				

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Folgende Themen werden behandelt:</p> <p>Fourier-Reihen</p> <p>Integraltransformationen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fourier-Transformation</li> <li>- Laplace-Transformation</li> </ul> <p>Gewöhnliche Differentialgleichungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewöhnliche Differentialgleichungen 1. Ordnung</li> <li>- Lineare Differentialgleichungen 2. Ordnung</li> <li>- Reihenlösungen</li> <li>- Lineare Systeme gewöhnlicher Differentialgleichungen</li> </ul> <p>Funktionentheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- holomorphe Funktionen</li> <li>- analytische Funktionen</li> <li>- komplexe Kurvenintegrale</li> <li>- Satz von Cauchy</li> <li>- Laurent-Reihen</li> <li>- isolierte Singularitäten</li> <li>- Residuensatz</li> <li>- Anwendungen</li> <li>- Berechnung reeller Integrale mit dem Residuensatz</li> <li>- inverse Laplace-Transformation</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch



Die Studierenden können periodische Funktionen mit Hilfe ihrer Fourier-Entwicklung analysieren. Sie sind in der Lage, gewöhnliche DGLn und lineare Systeme gewöhnlicher DGLn zu lösen. Sie können die Fourier- und Laplace-Transformation zur Lösung von bestimmten Differential- und Integralgleichungen einsetzen. Sie sind in der Lage, komplexe Kurvenintegrale und ausgewählte Typen reeller Integrale mit dem Residuensatz zu berechnen.

### Description / Content English

The course deals with the following subjects:

Fourier series

Integral transforms

- Fourier transforms

- Laplace transforms

Ordinary differential equations

- Ordinary differential equations of the first order

- Linear differential equations of the second order

- Power series solutions

- Linear systems of ordinary differential equations

Function theory

- Holomorphic functions

- Analytic functions

- Complex line integrals

- Cauchy's theorem

- Laurent's series

- Isolated singularities

- Residue Theorem

- Applications

- Calculation of real integrals using the Residue Theorem

- Inverse Laplace transform

### Learning objectives / skills English

The students are able to analyse periodic functions with the help of their Fourier expansion. They are able to solve ODEs and linear systems of ODEs. They know how to apply the Fourier- and Laplace transforms for computing solutions of certain differential and integral equations. They are also able to calculate complex line integrals and some given types of real integrals with help of the Residue Theorem.

### Literatur

- 1 Braun, M.: Differentialgleichungen und ihre Anwendungen. Springer. 1994.
- 2 Dyke, P.P.G.: An Introduction to Laplace Transforms and Fourier Series. Springer. 2000.
- 3 Folland, M.: Fourier Analysis and its Applications. Wadsworth and Brooks. 1992.
- 4 Gasquet, c., Witomski, P.: Fourier Analysis and Applications. Springer. 1999.
- 4 Pinkus, A.: Fourier Series and Integral Transforms. Cambridge University Press. 1997.
- 5 Schiff, L.J.: The Laplace Transform. Theory and Applications. Springer. 1999.

Modulname laut Prüfungsordnung			
Messsysteme mit LabVIEW – Praktikum			
Module title English			
Measuring technology using LabVIEW - lab work			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Messsysteme mit LabVIEW – Praktikum			
Course title English			
Measuring technology using LabVIEW - lab work			
Verantwortung			Lehreinheit
Schmechel, Roland			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
2	SoSe	D/E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		2	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Im Kern steht die Ansteuerung von Messeinrichtungen durch LabVIEW. Umgesetzt wird dies an 5 Versuchen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwicklung eines Virtuellen Instrumentes zur Bestimmung der Leistungsabgabe einer Solarzelle</li> <li>- Messen mit dem Digital-Speicher-Oszilloskop (DSO)</li> <li>- Temperaturmessung mit Widerstandstemperaturfühlern (NTC)</li> <li>- Überwachung der Drehzahl eines Gleichstrommotors</li> <li>- Kennlinien eines npn-Transistors</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage einfache Messaufgaben in LabVIEW zu programmieren und umzusetzen.

Description / Content English
<p>The core of the course is the control of measuring equipment by LabVIEW. This is implemented in 5 experiments:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- development of a virtual instrument for determining the power output of a solar cell</li> <li>- measuring with the digital storage oscilloscope (DSO)</li> <li>- temperature measurement with resistance temperature sensors (NTC)</li> <li>- monitoring the speed of a DC motor</li> <li>- characteristic curves of a np-transistor</li> </ul>
Learning objectives / skills English
Students are able to program and implement simple measurement tasks in LabVIEW.

Literatur

Modulname laut Prüfungsordnung			
Nanocharakterisierung			
Module title English			
Nano Characterization			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Nanocharakterisierung			
Course title English			
Nano Characterization			
Verantwortung			Lehreinheit
Kümmell, Tilmar			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
6	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
4	1		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Mündliche Prüfung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die Entwicklung von Nanostrukturen mit neuartigen funktionellen Eigenschaften verlangt Analysemethoden mit Ortsauflösung bis in den nm-Bereich. Diese Methoden verwenden Elektronen, Ionen und Photonen als Sonden und nutzen deren Wechselwirkung mit der Materie, wobei sowohl die Teilchen-, als auch die Wellennatur dieser Sonden ausgenutzt wird. Hinzu kommen mechanische Sonden, die in der Rastersondenmikroskopie Verwendung finden. Die relevanten Wechselwirkungen und deren Anwendungen für Methoden der Nanocharakterisierung werden in dieser Vorlesung vorgestellt und durch zahlreiche aktuelle Beispiele aus der Forschung an Nanomaterialien illustriert.</p> <p>Die Vorlesung umfasst folgende Themengebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektronenmikroskope und Elektronentransmissionsmikroskopie: Aufbau und Funktion, Wechselwirkungsprodukte</li> <li>- Elektronensonden zur Materialanalyse (Auger-Spektroskopie, EELS, Elektronenstrahlmikroanalyse)</li> <li>- Ionensonden zur Materialanalyse (Rutherford-Rückstreuung, SIMS):</li> <li>- Beugung an Kristallgittern und Oberflächen mittels Elektronen (RHEED, LEED) und Photonen (Röntgendiffraktometrie)</li> <li>- Analyse optischer Eigenschaften mit Kathodolumineszenz- und Photolumineszenzspektroskopie, Spektroskopie auf sub <math>\mu\text{m}</math>-Skala, zeitaufgelöste Spektroskopie</li> <li>- Raman-Spektroskopie, Infrarot-Spektroskopie</li> <li>- Konfokale Mikroskopie</li> <li>- Photoelektronenspektroskopie</li> <li>- Ellipsometrie</li> <li>- Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskopie</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden kennen die wesentlichen Wechselwirkungen der eingesetzten Sonden (Elektronen, Photonen, Messspitzen) mit den Nanostrukturen/Bauelementen und können daraus den Einsatz der vorgestellten Analysemethoden ableiten. Sie sind sensibilisiert für die Anforderungen, die aktuell in Forschung und Entwicklung an diese nanoanalytischen Messverfahren gestellt werden. Sie können aus der Art der Analyse (z.B. Topographie, Kristallstruktur, chemische Zusammensetzung) und der Spezifikation an die Messung (z.B. Ortsauflösung, geforderte Empfindlichkeit) entscheiden, welches Verfahren optimal geeignet ist.</p>

### Description / Content English

The development of nanostructures with new functionality requires characterization techniques with spatial resolution down to the (sub)-nm range. These techniques use electrons, ions, and photons as probes and exploit their interaction with matter. Both the particle- and the wave nature of these probes are of relevance. In addition, mechanical tips are used e.g. in the scanning probe microscopy. The lecture gives an introduction into the relevant interactions and the applications for nano-characterization methods. The techniques are illustrated by a wide variety of examples from current research at nano materials.

The lecture encompasses the following topics:

- Scanning electron microscopy and transmission electron microscopy: Setup, functionality, interaction products
- electron probes for material analysis (auger-spectroscopy, EELS, x-ray microanalysis)
- ion probes for material analysis (Rutherford back-scattering, SIMS):
- Diffraction at crystal lattices and surfaces with electrons (RHEED, LEED) and photons (x-ray diffraction)
- analysis of optical properties by cathodoluminescence and photoluminescence spectroscopy, spectroscopy on a (sub)- $\mu\text{m}$  scale, time-resolved spectroscopy
- Raman spectroscopy, infrared spectroscopy
- Confocal microscopy
- photoelectron spectroscopy
- ellipsometry
- Scanning tunneling microscopy and atomic force microscopy

### Learning objectives / skills English

The students know the relevant interactions between the probes (electrons, photons, mechanic tips) and the nanostructures and devices. They are aware of the requirements in research and development that have to be met by the characterization methods and of the specifications and restrictions of the respective techniques.

Using this knowledge, they are able to select an analysis method from the presented techniques that matches the characterization type (e.g. topography, composition, structure) and specification (e.g. spatial resolution, sensitivity).

### Literatur

M. Grasserbauer (ed.): Analysis of microelectronic materials and devices. J. Wiley & Sons, 1994  
L. Reimer, G. Pfefferkorn: Elektronenmikroskopie. Springer Verlag Berlin, 1999  
Vorlesungsskripte

Modulname laut Prüfungsordnung			
Nanocharakterisierung Praktikum			
Module title English			
Nano Characterization Lab			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Nanocharakterisierung Praktikum			
Course title English			
Nano Characterization Lab			
Verantwortung			Lehreinheit
Kümmell, Tilmar			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
3	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		3	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Das Praktikum Nanocharakterisierung baut inhaltlich auf den Vorlesungen Nanocharakterisierung I und II auf. Dabei werden vier Kernthemen durch praktische Versuche in den Labors der Lehrstühle Werkstoffe der Elektrotechnik und Nanopartikel-Prozesstechnik vertieft.</p> <p>Die vier ganztägigen Versuche zu behandeln die Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rasterelektronen-Mikroskopie</li> <li>- Rasterkraft-Mikroskopie</li> <li>- Photolumineszenz-Spektroskopie</li> <li>- Röntgendiffraktometrie an Nanopartikeln</li> </ul> <p>Diese Versuche müssen von den Teilnehmern inhaltlich vorbereitet, durchgeführt und in einem Protokoll dokumentiert werden.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden beherrschen auf einem Anfängerlevel die Geräte und Aufbauten und können selbständig einfache Messungen durchführen. Sie können die Vorteile und Grenzen der Messverfahren einschätzen und dementsprechend ihre Messungen beurteilen und diskutieren.</p>

Description / Content English
<p>The lab course is based on the lectures Nanocharacterization I and II. Four key subjects are consolidated by practical experiments in the labs of the departments „Werkstoffe der Elektrotechnik“ and „Nanopartikel-Prozesstechnik“.</p> <p>The four experiments that are performed over a whole day give an introduction in the following themes: - Scanning electron microscopy - Atomic force microscopy - Photoluminescence spectroscopy - X-ray diffraction of nanoparticles The participant have to prepare themselves for the experiments, perform the experiments, analyze their results and write a lab report.</p>
Learning objectives / skills English

The students achieve a beginner level to work with the experimental setups and installations. They are able to carry out basic measurements and analyses. They have knowledge of advantages and limits of the respective systems and thus are able to discuss and evaluate their measurements.

### **Literatur**

Ausführliche Unterlagen zur Vorbereitung werden vor Beginn des Praktikums auf der Webseite zur Verfügung gestellt./Detailed information for preparing the lab phase will be available on the website.

Modulname laut Prüfungsordnung			
NanoEngineering Praktikum			
Module title English			
NanoEngineering Lab			
Kursname laut Prüfungsordnung			
NanoEngineering Praktikum			
Course title English			
NanoEngineering Lab			
Verantwortung			Lehreinheit
Münzer, Franziska			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
3	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		3	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung, Protokoll			
Prüfungsleistung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			
Einführung in die Nanotechnologie, Basispraktikum (B-EIT), Chemiepraktikum; Anwesenheitspflicht			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Das Praktikum NanoEngineering ist eine gemeinsame Veranstaltung der Dozenten im Bachelor-Studiengang NanoEngineering. Inhalt der Lehrveranstaltung sind ausgewählte Versuche zu bottom-up Technologien, wie z.B. Herstellung von Nanopartikeln und deren Analyse, zu top-down Technologien inkl. Elektronenstrahl-Lithografie und optische Lithografie sowie zur Funktionsanalyse von Nanomaterialien und nanostrukturierten Bauelementen. Die Versuche werden dabei an modernen Forschungseinrichtungen der beteiligten Hochschullehrer durchgeführt, um so den Studierenden einen ersten Einblick in aktuellen Tätigkeiten in Forschung und Entwicklung zu gewähren.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Praktische Erfahrung in modernen Bottom-up- und Top-down-Techniken zur Herstellung von Nanomaterialien sowie in Charakterisierungstechniken.

Description / Content English
The NanoEngineering lab course is a joint event of the lecturers in the NanoEngineering bachelor's degree program. The course consists of selected experiments on bottom-up technologies, such as the production of nanoparticles and their analysis, on top-down technologies including electron beam lithography and optical lithography, as well as on the functional analysis of nanomaterials and nanostructured devices. The experiments are carried out at modern research facilities of the participating university lecturers in order to give the students a first insight into current activities in research and development.
Learning objectives / skills English
Hands-on experience in up-to-date bottom-up and top-down nanomaterial fabrication techniques as well as characterization techniques.

Literatur
-----------

--



Modulname laut Prüfungsordnung			
Nanotechnologie 1			
Module title English			
Nanotechnology 1			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Nanotechnologie 1			
Course title English			
Nanotechnology 1			
Verantwortung			Lehreinheit
Kruis, Einar			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die Veranstaltung bietet einen Überblick über die Verfahren der 'bottom-up' Technologie zur Herstellung von Nanostrukturen.</p> <p>Zunächst werden die relevanten Begriffe und Herstellungsprinzipien der Nanotechnologie eingeführt und die Gefahren und Risiken diskutiert. Dann werden die wichtigsten physikalischen Effekte im Folge der Größenreduzierung besprochen und wichtige Eigenschaften im Nanobereich hergeleitet. Die Charakterisierung von Nanoobjekten mittels einer Partikelgrößenverteilung wird erklärt, als auch einige wichtige Messtechniken dazu.</p> <p>Danach wird im 2. Teil näher auf die grundlegenden Mechanismen relevant für die Entstehung und Wachstum von Nanostrukturen eingegangen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chemisches Potential und Thermodynamik eines Phasenübergangs</li> <li>- die Clapeyron-, Kelvin- und Laplace-Gleichungen</li> <li>- Übersättigung und homogene Keimbildung</li> <li>- Kondensation</li> <li>- Brown'sche Bewegung und Brown'sche Koagulation</li> <li>- Van der Waals-Kräfte</li> </ul> <p>Im 3. Teil der Veranstaltung wird dann einen Überblick über die bottom-up Synthesetechniken von Nanopartikeln und Nanokristalliten gegeben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- physikalische Gasphasenverfahren: thermisches Verdampfen, Gasentladung, Laserablation und thermisches Plasma, chemische Gasphasenverfahren</li> <li>- Flüssigphase-Syntheseverfahren: Reduktion, Elektrodeposition, Solvothermische Methode, Solgelverfahren, Mikroemulsionsfällung, Templates</li> <li>- Mechanische Syntheseverfahren: Zerkleinerungsvorgänge</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Lernziel der Veranstaltung ist das Verständnis der grundlegenden Vorgänge im Bereich der bottom-up Technik. Die Studierenden haben am Ende der Veranstaltung ein Verständnis für Syntheseverfahren für Nanopartikel entwickelt und können die grundlegenden Mechanismen in der Synthese nachvollziehen. Sie sind in der Lage, kinetische Gleichungen in Form von Differentialgleichungen aufzustellen.

### Description / Content English

This course provides an overview of the 'bottom-up' technology processes for producing nanostructures. First, the relevant terms and manufacturing principles of nanotechnology are introduced, and the associated hazards and risks are discussed. Then, the most important physical effects resulting from size reduction are addressed, and essential properties on the nanoscale are derived. The characterization of nanoobjects through particle size distribution is explained, as well as some crucial measurement techniques.

Next, in the second part, the fundamental mechanisms relevant to the formation and growth of nanostructures are explored, including:

- Chemical potential and thermodynamics of a phase transition
- The Clapeyron, Kelvin, and Laplace equations
- Supersaturation and homogeneous nucleation
- Condensation
- Brownian motion and Brownian coagulation
- Van der Waals forces

In the third part of the course, an overview of bottom-up synthesis techniques for nanoparticles and nanocrystals is provided, including:

- Physical gas-phase methods: thermal evaporation, gas discharge, laser ablation, and thermal plasma, chemical gas-phase methods
- Liquid-phase synthesis methods: reduction, electrodeposition, solvothermal method, sol-gel process, microemulsion precipitation, templates
- Mechanical synthesis methods: comminution processes

### Learning objectives / skills English

Goal is the understanding of the fundamental mechanisms in bottom-up fabrication. The students will have obtained fundamental understanding of synthesis methods for nanoparticles and are able to understand fundamental mechanisms such as nucleation and coagulation. They are able to develop kinetic equations for dynamic events.

### Literatur

Vorlesungsmanuskript, Lösungen zu den Quizen, Musteraufgaben.

Modulname laut Prüfungsordnung			
Nanotechnologie 2			
Module title English			
Nanotechnology 2			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Nanotechnologie 2			
Course title English			
Nanotechnology 2			
Verantwortung			Lehreinheit
Bacher, Gerd			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Mündliche Prüfung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die Veranstaltung bietet einen Überblick über die Verfahren der ‘top-down’ Technologie zur Herstellung von Nanostrukturen. Dies beinhaltet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dünnschichttechniken (physikalische und chemische Verfahren)</li> <li>- Grundlagen der Epitaxie (Molekularstrahlepitaxie, Gasphasenepitaxie), epitaktische Herstellung von Schicht- und Punktstrukturen</li> <li>- Prinzip der Lithografie, optische Abbildung, optische Lithografie</li> <li>- Elektronenstrahl-Lithografie und Ionenstrahl-Lithographie</li> <li>- Verfahren der Strukturübertragung (Lift-off Technik, Ätzverfahren, LIGA Technik)</li> <li>- Ausgewählte moderne Methoden wie EUV-Lithographie, Röntgenlithographie, Projektionsverfahren</li> <li>- Nanolithographie und Atommanipulation</li> <li>- druckende und umformende Verfahren</li> </ul> <p>Anhand von ausgewählten Beispielen soll das Anwendungspotenzial der ‘top-down’ Technologie dargelegt werden.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Lernziel der Veranstaltung ist das Verständnis über grundlegende Nanostrukturprozesse im Bereich der ‘top-down’ Technik. Die Studierenden können am Ende der Veranstaltung die grundlegenden Konzepte, Möglichkeiten und Grenzen der top-down Technik nachvollziehen. Sie sind in der Lage, für definierte Problemstellungen die am besten geeigneten top-down Techniken begründet auszuwählen.</p>

Description / Content English
-------------------------------

The course provides an overview of top-down technology processes for realizing nanostructures. This includes

- Thin film techniques (physical and chemical processes)
- Basics of epitaxy (molecular beam epitaxy, gas phase epitaxy), epitaxial production of low dimensional structures
- Principle of lithography, optical imaging, optical lithography
- Electron beam lithography and ion beam lithography
- Structure transfer processes (lift-off technique, etching process)
- Selected modern methods such as EUV lithography and X-ray lithography
- Nanolithography and atomic manipulation
- Printing and forming processes

Selected examples will be used to demonstrate the application potential of 'top-down' technology.

### **Learning objectives / skills English**

The aim of the course is to understand basic nanostructure processes in the field of top-down technology. At the end of the course, students will be able to understand the basic concepts, possibilities and limitations of top-down technology. They will be able to select the most suitable top-down techniques for defined problems.

### **Literatur**

Nanotechnologie 2 – Skriptum, G. Bacher, 2020  
Semiconductor Devices – Physics and Technology, S.M. Sze, John Wiles & Sons, 2002,  
Mikrosystemtechnik für Ingenieure, W. Menz, J. Mohr, O. Paul, Wiley VCH Weinheim, 2005  
Micro-Nanofabrication, Z. Cui, Springer, 2005  
Nanotechnologie, M. Köhler, Wiley VCH Weinheim, 2001  
Nanostructures and Nanomaterials, G. Cao, Imperial College Press London, 2004

Modulname laut Prüfungsordnung			
Optische Übertragungstechnik			
Module title English			
Lightwave Technology			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Optische Übertragungstechnik			
Course title English			
Lightwave Technology			
Verantwortung			Lehreinheit
Buß, Rüdiger			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Zu Beginn der Vorlesung wird nach einer kurzen Einleitung mit Hilfe der Maxwell'schen Gleichungen die Wellengleichung hergeleitet, wobei die Besonderheiten in der Optik herausgearbeitet werden. Ausgehend von der Ausbreitung einer ebenen Welle wird die Reflexion von Licht an Grenzflächen (Totalreflexion, Brechung), welche die Grundlage für eine optisch geführte Wellenausbreitung bildet, unter Berücksichtigung der Stetigkeitsbedingungen diskutiert. Der folgende Teil beschäftigt sich mit der Ausbreitung optischer Wellen in Gläsern. Hier werden die physikalischen Effekte wie Streuung, Absorption und Dispersion behandelt, und es werden Näherungsformeln für den praktischen Einsatz abgeleitet. Anschließend wird die Ausbreitung optischer Strahlung in sog. dielektrischen Wellenleitern behandelt. Verschiedene Bauformen dieses Typs von Wellenleiter, der z. B. innerhalb von Laserdioden Verwendung findet, werden vorgestellt und diskutiert. Es werden Lösungsverfahren zum Design der wellenführenden Schicht hergeleitet und angewendet. Die Verwendung von Glasfasern für die optische Nachrichtentechnik stellt den Inhalt des nächsten Vorlesungsabschnitts dar. Hier werden die wichtigsten Typen von Glasfasern (Stufenindex- und Gradientenindex-Faser) eingehend besprochen. Auch für diese Art von Wellenleitern werden Verfahren zum Entwurf hergeleitet und angewendet, wobei insbesondere auf die Problematik der Signalverzerrung in Glasfasern eingegangen wird. Zum Ende der Vorlesung stehen die Beschreibung der wichtigsten optoelektronischen Bauelemente wie Laserdioden, elektroabsorptive Detektoren und Modulatoren sowie der Aufbau und die Eigenschaften einfacher optischer Punkt-zu-Punkt-Verbindungen im Vordergrund.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sind in der Lage, die Prinzipien der Ausbreitung optischer Wellen in planaren Wellenleitern und Glasfasern zu beschreiben, die signalverzerrenden Parameter wie Absorption und Dispersion zu unterscheiden und einfache optische Übertragungssysteme zu analysieren.</p>

Description / Content English
-------------------------------

The course Lightwave Technology starts with the propagation of electromagnetic waves considering the features of optical waves at surface boundaries, like reflection and refraction. Proceeding with the description of such fundamental physical effects like scattering, absorption and dispersion, optical wave propagation in various types of dielectric waveguides is discussed. Special emphasis is then given to the design, properties and technological realization of waveguides based on III/V compound semiconductors. The next main part of this course deals with fiber optic waveguides: Wave propagation in graded index fibers as well as in step index fibers is derived where both advantages and disadvantages of each type are carried out. Problems like signal distortion in fiber optic waveguides are analyzed and solutions to avoid them are given. At the end of this course, the most important optoelectronic components like laserdiodes, photodiodes, modulators are discussed. Finally, the properties of simple optical point-to-point transmission systems are analyzed and discussed.

#### **Learning objectives / skills English**

The students are able to describe the principles of light propagation in planar and fiber-optic waveguides, to distinguish the signal-distorting parameters such as absorption and dispersion, and to analyze simple optical transmission systems.

#### **Literatur**

- [1] C.-L. Chen, Foundations for guided-wave optics, John Wiley & Sons, 2007
- [2] B. Saleh, Fundamentals of Photonics, John Wiley & Sons, 1991
- [3] H.-G. Unger, Optische Nachrichtentechnik, Teil 1, Hüthig-Verlag, Heidelberg 1990
- [4] F. Pedrotti et al., Optik für Ingenieure, Springer-Verlag, Berlin, 2002

Modulname laut Prüfungsordnung			
Optoelektronik			
Module title English			
Optoelectronics			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Optoelektronik			
Course title English			
Optoelectronics			
Verantwortung			Lehreinheit
Stöhr, Andreas			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Veranstaltung umfasst die theoretischen und technologischen Grundlagen der modernen Optoelektronik und der Integrierten Photonik. Die Vorlesung beginnt mit der grundlegenden Diskussion zu quantenmechanischen Interaktionen zwischen Licht und Materie (speziell für Halbleitermaterialien): Interband-Absorption sowie die spontane und stimulierte Emission von Strahlung. Im Anschluss werden die drei zentralen Funktionen und Bauelemente der modernen Optoelektronik studiert: Photodioden, Leuchtdioden und Laserdioden. Weitere Themenbereiche umfassen Aspekte der strahlenoptischen und wellenförmigen Lichtausbreitung, strahlungsphysikalische und lichttechnische Einheiten, Grundlagen zur Halbleiterphysik sowie Grundlagen zur integrierten Optik.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden haben breite Kenntnisse über die Bedeutung der Optoelektronik und Photonik in der Technik und sind in der Lage, auf der Basis grundlegender Wechselwirkungsmechanismen die Kenngrößen optoelektronischer Komponenten in Systemanwendungen zu beschreiben.

Description / Content English
The course Optoelectronics covers the theoretical and technological fundamentals of modern optoelectronics and integrated photonics. At first, the course discusses the basic quantum mechanical interaction between light and matter (especially for semiconductors): interband absorption, spontaneous emission of light, and stimulated emission of light. Next, the course provides the key theoretical background for three most important optoelectronic functions or components: photodiodes, LEDs and lasers. Additional topics cover aspects related to geometrical or ray optics and optical wave propagation, radiometric and photometric units, fundamentals on semiconductor physics as well as on integrated photonics.
Learning objectives / skills English

The students have wide knowledge on the role of optoelectronics and photonics in the technology. they are able to describe on the basis of basic interaction mechanisms the characteristics of optoelectronic components in system applications.

### Literatur

- [1] Graham-Smith, Francis: Optics and Photonics, Wiley, Chichester 2000
- [2] Harth, Wolfgang: Sende- und Empfangsdioden für die optische Nachrichtentechnik, Teuber, Stuttgart 1998
- [3] Bludau, Wolfgang: Halbleiter-Optoelektronik, Hanser, München 1995
- [4] Dörnen, Achim: Halbleiter für die Optoelektronik und Phototnik, Hänsel-Hohenhausen, 1994
- [5] Billings, Alan: Optics, optoelectronics and photonics, Prentice Hall, New York 1993
- [6] Ebeling, Karl Joachim: Integrierte Optoelektronik, Springer-Verlag, Berlin 1992
- [7] Paul, Reinhold: Optoelektronische Halbleiterbauelemente, Teuber, Stuttgart 1992



Modulname laut Prüfungsordnung			
Optoelektronik Praktikum			
Module title English			
Optoelectronics Lab			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Optoelektronik Praktikum			
Course title English			
Optoelectronics Lab			
Verantwortung			Lehreinheit
Stöhr, Andreas; Bacher, Gerd			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
2	WiSe	D/E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		2	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Das Praktikum setzt sich aus verschiedenen Bereichen der Optoelektronik zusammen. Für die einzelnen Versuche stehen ausführlichen Beschreibung zur Verfügung, innerhalb derer die notwendigen Grundlagen wiederholt werden. Verständnisfragen und Aufgaben werden gestellt, die als Vorbereitung zuhause gelöst werden müssen. Zur Durchführung der Laborversuche gehören ein Kolloquium mit An-Testat, die eigentliche Versuchsdurchführung sowie die Anfertigung eines Versuchsprotokolls.</p> <p>Versuche OE:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Optoelektronische Übertragungssysteme</li> <li>2) Optoelektronische Energiewandlung</li> <li>3) Optische Signalverarbeitung</li> </ol> <p>Versuche WET:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4) Leuchtdioden: Grundlagen, Abstrahlung und optische Auskopplung</li> <li>5) Laserdioden</li> <li>6) Modenselektion in Laserdioden und DFB-Laser</li> </ol> <p>Voraussetzung für die Teilnahme am Optoelektronik Praktikum sind die bestandene Fachprüfung Festkörperelektronik (FKE) und die Teilnahme an der Laserschutzunterweisung.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sind in der Lage, optoelektronische Bauelemente (Leuchtdiode, Laserdiode, Photodiode, Solarzelle) messtechnisch zu charakterisieren und aus den Kennlinien die Bauelementeigenschaften zu extrahieren. Die Studierenden haben ein grundlegendes Verständnis zum Einsatz optoelektronischer Bauelemente bei der optischen Datenübertragung, bei der opto-elektrischen Energiewandlung und in der optischen Signalverarbeitung (Speicher, Schmitt-Trigger, Flip-Flop).</p>

Description / Content English
-------------------------------

The laboratory course covers different areas of optoelectronics. The individual experiments are explained in detail, and the necessary background information is included. Questions and tasks are provided that have to be solved at home in preparation. The laboratory experiments include a colloquium with an assessment, the conduct of the experiments themselves, and the preparation of a written report.

Experiments OE:

- 1) Optoelectronic transmission systems
- 2) Photoelectric Energy Conversion
- 3) Optical Signal Processing

Experiments WET:

- 4) LEDs: Basics, radiation and optical outcoupling
- 5) Laser diodes
- 6) Mode selection in laser diodes and DFB laser

Requirement for participation is a passed exam in Festkörperlektronik (FKE) and participation in laser safety briefing.

### **Learning objectives / skills English**

The students are capable of measuring and characterizing optoelectronic components (light-emitting diode, laser diode, photodiode, solar cell) and extracting the component properties from their characteristic curves. The students have a basic understanding of the use of optoelectronic components in optical data transmission, in optoelectrical energy conversion and in optical signal processing (memory, Schmitt trigger, flip-flop).

### **Literatur**

Praktikumsunterlagen zum Optoelektronik-Praktikum.

Modulname laut Prüfungsordnung				
Physik für Ingenieure				
Module title English				
Physics for Engineers				
Kursname laut Prüfungsordnung				
Physik für Ingenieure				
Course title English				
Physics for Civil Engineering				
Verantwortung				Lehreinheit
Sokolowski-Tinten, Klaus				Physik
Kreditpunkte		Turnus		Sprache
5		SoSe		D
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt		SWS Seminar
2	1	1		
Studienleistung				
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum				
Prüfungsleistung				
Klausur				
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung				

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Schwingungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Harmonischer Oszillator</li> <li>- Gedämpfte Schwingungen</li> <li>- Überlagerung von Schwingungen</li> <li>- Gekoppelte Schwingungen</li> </ul> <p>Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wellentypen, Wellengleichung</li> <li>- Mechanische Wellen, elektromagnetische Wellen</li> <li>- Interferenz; stehende Wellen</li> </ul> <p>Optik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reflexion, Brechung, Dispersion</li> <li>- Geometrisch optische Abbildung</li> <li>- Interferenz und Beugung</li> <li>- Polarisierung</li> <li>- Anwendungen</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden kennen die wichtigen Grundbegriffe der Schwingungslehre, der geometrischen Strahlenoptik und der Wellenoptik und können diese anwendungsbezogen einsetzen.

Description / Content English
-------------------------------

Oscillations:

- Harmonic oscillator
- Damped oscillations
- Superposition of vibrations
- Coupled vibrations

Waves:

- Types of waves, wave equation
- Mechanical waves, electromagnetic waves
- Interference; standing waves

Optics:

- Reflection, refraction, dispersion.
- Geometric optical imaging
- Interference and diffraction
- Polarization
- Applications

**Learning objectives / skills English**

Students will be familiar with the basic concepts of vibrations and waves, geometrical beam optics and wave optics and will be able to apply them to specific applications.

**Literatur**

Halliday, Resnick, Walker: Physik für natur- und ingenieurwissenschaftliche Studiengänge. Wiley-VCH, 2019.

Tipler, Mosca: Physik - für Wissenschaftler und Ingenieure. Springer - Spektrum, 2014. (verschiedene Auflagen; 7. Auflage im freien online-Zugang)

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Praktikum Allgemeine Chemie			
<b>Module title English</b>			
Laboratory Course General Chemistry			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Praktikum Allgemeine Chemie</b>			
<b>Course title English</b>			
Laboratory Course General Chemistry			
<b>Verantwortung</b>			<b>Lehreinheit</b>
Somnitz, Holger; Spohr, Eckhard			Chemie
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
3	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
		5	
<b>Studienleistung</b>			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
<b>Prüfungsleistung</b>			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Praktische Anwendungen im Anschluss an die Vorlesung „Allgemeine Chemie“ mit Schwerpunkt auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherheit im Labor</li> <li>- Umgang mit Laborgeräten</li> <li>- Ionische Feststoffe: Kristallisation und temperaturabhängige Löslichkeit</li> <li>- Säuren und Basen</li> <li>- Titration</li> <li>- Verdünnung, Reaktionswärme und pH-Werte</li> <li>- Puffersysteme</li> <li>- Protolyse</li> <li>- Destillation</li> <li>- Redox-Reaktionen</li> <li>- Metalle und Komplexverbindungen</li> <li>- Synthese eines einfachen Metallkomplexes</li> <li>- Reaktionen von Metallen mit Säuren und Basen</li> <li>- Qualitative Analyse von Anionen / einfacher Trennungsgang</li> </ul>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
<p>Praktische Anwendungen im Anschluss an die Vorlesung Allgemeine Chemie:</p> <p>Sicheres Verhalten im chemischen Labor. Umgang mit Laborgeräten, Chemikalien und chemischen Reaktionen. Anwendung einfacher Analyse- und Syntheseverfahren der Chemie.</p>

<b>Description / Content English</b>
<p>Practical application of simple chemical concepts. Special emphasis on security and safe appearance in chemical laboratories, sensible handling of laboratory apparatus and glassware, execution of simple analysis and synthesis through chemical reactions.</p>

### **Learning objectives / skills English**

Practical application of simple chemical concepts. Special emphasis on security and safe appearance in chemical laboratories, sensible handling of laboratory apparatus and glassware, execution of simple analysis and synthesis through chemical reactions.

### **Literatur**

Michael Binnewies / Manfred Jäckel / Helge Willner: Allgemeine und Anorganische Chemie. 1. Aufl.. Spektrum Akademischer Verlag, München 2004 [ISBN 3-8274-0208-5]

Charles E. Mortimer / Ulrich Müller: Chemie. Das Basiswissen der Chemie. Verlag Georg Thieme, Stuttgart, New York (E-Book der UB)

Modulname laut Prüfungsordnung			
Schaltungstechnik			
Module title English			
Circuit Technology			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Schaltungstechnik			
Course title English			
Circuit Technology			
Verantwortung			Lehreinheit
Wöhrle, Hendrik			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		1
Studienleistung			
Erfolgreiche Teilnahme Seminar			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

### Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Lehrveranstaltung vermittelt ein breites Spektrum von Wissen in der Schaltungstechnik, beginnend mit den grundlegenden Konzepten bis hin zu einer Einführung in die digitale Schaltungstechnik.

Im ersten Teil, den Grundlagen der Schaltungstechnik, werden verschiedene Analysemethoden für elektronische Schaltungen vorgestellt. Dies beinhaltet unter Anderem die Arbeitspunkteinstellung und den Kleinsignalbetrieb, wobei der Begriff des Arbeitspunktes, der Linearisierung und der Kleinsignalanalyse erläutert werden.

Im zweiten Teil werden (rückgekoppelte) Verstärker behandelt, wobei elementare Grundsaltungen für Verstärker wie Differenzverstärker, Impedanzwandler, Stromquellen, Stromspiegel und Ausgangsstufen behandelt werden. Rückkopplung und Stabilität spielen ebenfalls eine wichtige Rolle, wobei Konzepte wie Mit- und Gegenkopplung, Ring- und Betriebsverstärkung, Bodediagramme, das Nyquist-Kriterium sowie Phasen- und Amplitudenrand erörtert werden. Darüber hinaus werden sowohl ideale als auch reale Operationsverstärkerschaltungen behandelt, wobei lineare Signalverarbeitungskonzepte mit Operationsverstärkern, wie invertierende und nicht-invertierende Verstärker, Addierer, Integrator, Differenzierer, Strom- und Spannungsquellen, sowie nichtlineare Schaltungen mit Operationsverstärkern, wie Komparatoren, Schmitt-Trigger, Gleichrichter, Begrenzer, Logarithmierer und Multiplizierer, behandelt werden. Die Thematik schließt mit einer Betrachtung von Oszillatoren und Kippschaltungen wie Multivibratoren, Sinusgeneratoren und Funktionsgeneratoren ab.

Im dritten Teil, den Grundlagen der digitalen Schaltungstechnik, werden kombinatorische Logik, Gatter und verschiedene Logikfamilien, darunter Inverter und Grundgatter, TTL, ECL und CMOS-Logik, behandelt. Dies wird ergänzt durch die Untersuchung von Flip-Flops und Speicher, einschließlich RS-Flip-Flop, MS-Flip-Flop und deren Aufbau. Zusätzlich werden grundlegende Konzepte des Systementwurfs und der Formulierung von Timing-Anforderungen, einschließlich hierarchischem Entwurf, Partitionierung und Taktversorgung, vorgestellt.

### Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind fähig zur / zum

- Analyse analoger integrierter Schaltungen
- Arbeitspunkteinstellung elektronischer Schaltungen
- Erstellung und Analyse von Kleinsignal-Ersatzschaltbildern
- Aufbau und Analyse von Operationsverstärkerschaltungen
- Analyse und Entwurf einfacher Digitalschaltungen

### Description / Content English

The course provides a broad spectrum of knowledge in circuit design, starting with the basic concepts and ending with an introduction to digital circuit design.

In the first part, the basics of circuit design, various methods of analysis for electronic circuits are introduced. This includes, among others, the operating point setting and the small signal operation. The concepts of operating point, linearization, and small signal analysis are explained.

The second part deals with (feedback) amplifiers, covering elementary basic circuits for amplifiers such as differential amplifiers, impedance converters, current sources, current mirrors, and output stages. Feedback and stability also play an important role, with concepts such as positive and negative feedback, ring and operational gain, bode diagrams, the Nyquist criterion, and phase and amplitude margins discussed. In addition, both ideal and real operational amplifier circuits are covered, with linear signal processing concepts involving operational amplifiers, such as inverting and noninverting amplifiers, adders, integrators, differentiators, current and voltage sources, and nonlinear circuits involving operational amplifiers, such as comparators, Schmitt triggers, rectifiers, limiters, logarithmizers, and multipliers. The subject concludes with a consideration of oscillators and flip-flop circuits such as multivibrators, sine generators, and function generators.

The third part, Fundamentals of Digital Circuit Design, covers combinational logic, gates, and various logic families, including inverters and basic gates, TTL, ECL, and CMOS logic. This is complemented by the study of flip-flops and memory, including RS flip-flop, MS flip-flop and their construction. In addition, basic concepts of system design and formulation of timing requirements, including hierarchical design, partitioning, and clock supply, are introduced.

### Learning objectives / skills English

The students are able to

- analyse analogue integrated circuits,
- analyse the DC-operating point
- create and analyse small signal equivalent circuits
- design and analyse operational amplifier circuits
- design and analyse simple digital circuits

### Literatur

- U. Tietze und Ch. Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik, Berlin, Springer-Verlag, 12. Auflage, 2002
- B. Morgenstern: Elektronik I: Bauelemente, Elektronik II: Schaltungen, Elektronik III: Digitale Schaltungen und Systeme, Braunschweig, Vieweg-Verlag, 1997
- J. Bermeyer: Grundlagen der Digitaltechnik, Carl-Hauser-Verlag, 2001.
- P.E. Allen und D.R. Holberg: CMOS Analog circuit design, Oxford University Press, 2. Auflage, 2002.



Modulname laut Prüfungsordnung			
Strömungsmechanik			
Module title English			
Fluid Mechanics			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Strömungsmechanik			
Course title English			
Fluid Mechanics			
Verantwortung			Lehreinheit
Kempf, Andreas Markus			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen der Strömungsmechanik wie sie im Ingenieursalltag (z.B. in Energie- oder Verfahrenstechnik und im Anlagenbau) gebraucht werden. Folgende Inhalte werden vermittelt:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die Strömungslehre</li> <li>2. Statik der Fluide</li> <li>3. Kinematik der Fluide</li> <li>4. Stromfadentheorie inkompressibler Fluide</li> <li>5. Impulserhaltung</li> <li>6. Drallerhaltung</li> <li>7. Einführung in die Modellierung reibungsbehafteter Fluide</li> </ol>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Studenten die die Vorlesung erfolgreich besucht haben sind in der Lage:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strömungsmechanische Probleme klassifizieren zu können</li> <li>2. Auftriebskräfte und hydrostatische Lasten zu berechnen</li> <li>3. Masse- Impuls- und Energiebilanzen in Rohrnetzwerken aufzustellen</li> <li>4. Druckverluste in Rohrnetzwerken mit Einbauten und Armaturen zu berechnen</li> <li>5. Impulsbilanz in integraler Form anzuwenden und Kräfte in um- bzw. durchströmten Systemen berechnen</li> <li>6. Einfache Probleme viskoser Strömungen zu berechnen</li> </ol>

Description / Content English
-------------------------------

The lecture teaches the basic principles of fluid mechanics for the daily application in the design of machines, ducts, channels, for process design and calculation of forces and stresses. Main topics are:

1. Introduction to fluid flow
2. Fluid statics
3. Kinematics of fluids
4. Streamtube theory of incompressible fluids
5. Momentum theorem
6. Angular momentum theorem
7. Introduction to rheology of fluids, modeling of viscous flows

#### **Learning objectives / skills English**

Students which attended the lecture are capable:

1. To classify fluid flows
2. To calculate hydrostatic forces and the buoyancy
3. To apply the balance principle for pipings and duct networks
4. To calculate the pressure losses in networks
5. To apply the momentum theorem in order to calculate forces caused by fluid motion
6. To solve simple problems of viscous flows

#### **Literatur**

Fox, McDonald; Introduction to Fluid Mechanics; Willey

Modulname laut Prüfungsordnung			
Struktur von Mikrorechnern			
Module title English			
Computer Based Systems			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Struktur von Mikrorechnern			
Course title English			
Computer Based Systems			
Verantwortung			Lehreinheit
Viga, Reinhard			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur oder Mündliche Prüfung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Vorlesung und Übung vermitteln den Aufbau, die Funktionsweise, wesentliche Konzepte und die Anwendung rechnergesteuerter Systeme. Dabei werden Systemtopologien, Befehlsverarbeitung und Befehlsstrukturen, Adressierungsarten, Speicherorganisation, PIN-Funktionen, Befehlssätze, Mehrrechnerkonzepte, E/A- und Coprozessoren, Prozessorarchitekturen, Mikrocontrollersysteme, Grundzüge eingebetteter und verteilter Systeme sowie Feldbussysteme an Beispielen von 8-, 16- 32- und 64-Bit Prozessoren, Controllern und Peripherie-Komponenten behandelt.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studenten entwickeln ein vertieftes Verständnis für den Aufbau, die Funktionsweise, wesentliche Konzepte und die Anwendung rechnergesteuerter Systeme insbesondere hinsichtlich Systemtopologien, Befehlsverarbeitung und Befehlsstrukturen, Adressierungsarten, Speicherorganisation, PIN-Funktionen, Befehlssätzen, Mehrrechnerkonzepten, E/A- und Coprozessoren, Prozessorarchitekturen, Mikrocontrollersystemen, Grundzüge eingebetteter und verteilter Systeme sowie Feldbussystemen.

Description / Content English
The lecture and exercise teach the structure, operation, essential concepts and application of computer controlled systems. System topologies, instruction processing and instruction structures, addressing modes, memory organization, PIN functions, instruction sets, multi-computer concepts, I/O and coprocessors, processor architectures, microcontroller systems, basic features of embedded and distributed systems as well as fieldbus systems are covered using examples of 8-, 16- 32- and 64-bit processors, controllers and peripheral components.
Learning objectives / skills English
Students get a deep understanding of the structure, functional dependencies, main concepts and applications of computer based systems. They get to know different system topologies, instruction sets, command processing, addressing modes, memory organisation, pin functions, multi processor concepts, coprocessors and I/O processors, computer architecture, microcontroller systems, embedded systems and fieldbus structures.

## Literatur

Flik, Thomas; Liebig, Hans: 16 Bit Mikroprozessorsysteme.  
Bähring, Helmut: Mikrorechner-Technik.  
Bähring, Helmut: Mikrorechner-Syteme  
Intel Corporation: Microsystem components handbook  
Schmitt, G.: Pascal-Kurs. Band 1/2

Modulname laut Prüfungsordnung			
Struktur von Mikrorechnern Praktikum			
Module title English			
Computer Based Systems Lab			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Struktur von Mikrorechnern Praktikum			
Course title English			
Computer Based Systems Lab			
Verantwortung			Lehreinheit
Viga, Reinhard			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
2	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
		2	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Das Praktikum besteht aus einer Einführungsveranstaltung (als Serie von Video-Tutorials) und 4 Block-Versuchen an Mikrocontroller-Entwicklungssystemen die in 4 Terminen behandelt werden. Die Durchführung ist gruppenorientiert mit Gruppengrößen von 2 und/oder 3 Teilnehmern je Gruppe. Die Versuche vermitteln dabei neben dem allgemeinen Verständnis der Mikrokontrollertechnik und der praktischen Nutzung von speziellen Eigenschaften der Controller auch Fertigkeiten im Umgang mit typischen Entwicklungsumgebungen für hardwarenahe Rechensysteme und Grundlagen der Systemprogrammierung.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studenten sind fähig ihre Kenntnisse und ihr Verständnis für die Funktionsweise und die Nutzung von Mikrocontrollern in verschiedenen praktischen Anwendungen an einem Entwicklungssystem umzusetzen. Sie entwickeln grundlegende Fertigkeiten im Umgang mit typischen Entwicklungsumgebungen für Rechensysteme und in der Systemprogrammierung.

Description / Content English
The lab consists of an introductory session (as a series of video tutorials) and 4 block experiments on microcontroller development systems covered in 4 sessions. The course is group-oriented with group sizes of 2 or 3 students per group. In addition to a general understanding of microcontroller technology and the practical use of special features of the controllers, the experiments also provide skills in the use of typical development environments for hardware-based computer systems and the basics of system programming.
Learning objectives / skills English
Students are able to use their knowledge and understanding of the functionality and the use of microcontrollers in different practical applications of a typical development environment.

Literatur
-----------

Flik, Thomas; Liebig, Hans: 16 Bit Mikroprozessorsysteme.  
Bähring, Helmut: Mikrorechner-Technik.  
Bähring, Helmut: Mikrorechner-Syteme  
Intel Corporation: Microsystem components handbook  
Schmittt, G.: Pascal-Kurs. Band 1/2

Modulname laut Prüfungsordnung				
Technische Darstellung und CAD Praktikum				
Module title English				
Engineering Drawing and CAD Lab				
Kursname laut Prüfungsordnung				
Technische Darstellung und CAD Praktikum				
Course title English				
Engineering Drawing and CAD Lab				
Verantwortung				Lehreinheit
Nagarajah, Arun				MB
Kreditpunkte		Turnus		Sprache
6		WiSe		D
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt		SWS Seminar
2	2	1		
Studienleistung				
Prüfungsleistung				
Klausur oder Mündliche Prüfung				
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung				

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Schwerpunkt der Lehrveranstaltung sind Problemstellungen der darstellenden bzw. konstruktiven Geometrie (Projektionen, Durchdringungen und wahre Größen) sowie die Vermittlung der Grundlagen zur Erstellung normgerechter technischer Produktdokumentationen (Technische Zeichnungen, fertigungsgerechte Einzelteilzeichnungen, Baugruppenzeichnungen). Darüber hinaus werden die Funktionsprinzipien von grundlegenden Maschinenelementen vermittelt.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Lernziele sind die Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens und die Beherrschung grundlegender Arbeitstechniken für die Gestaltung von Einzelteilen und Baugruppen. Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage aus einfachen technische Zeichnungen die Funktionsweise der technischen Systemen zu verstehen.

Description / Content English
The main topics of the lecture are general geometry (projections, interpenetrating bodies and real size) and the basic principles of technical drawings (assembly drawings, manufacturing drawings). In addition, the operating principles of basic machine elements are imparted.
Learning objectives / skills English
Learning objectives are the training of the ability to imagine things in three dimensions and the mastery of basic working techniques for the design of parts and assemblies. After attending the course, the students are able to understand the functioning of the technical systems from simple technical drawings.

Literatur
Vorlesungsfolien (pdf-Dateien), Übungsaufgaben (pdf-Dateien) Hörschen: Technisches Zeichnen, Cornelson Verlag

Modulname laut Prüfungsordnung			
Theorie linearer Systeme			
Module title English			
Theory of Linear Systems			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Theorie linearer Systeme			
Course title English			
Theory of Linear Systems			
Verantwortung			Lehreinheit
Czylwik, Andreas			ET
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2	1	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Es werden Grundbegriffe und Methoden der Theorie linearer Systeme besprochen. Nach der Diskussion von Testsignalen, insbesondere der Diracschen Delta-Funktion wird die Beschreibung linearer zeitkontinuierlicher Systeme im Zeitbereich durch deren Impulsantwort behandelt. Die Berechnung des Ausgangssignals mit Hilfe des Faltungsintegrals wird ausführlich diskutiert. Die Fourier- und Laplace-Transformation als Beschreibungsmöglichkeiten im Frequenzbereich werden abgeleitet und deren wichtigste Rechenregeln sowie der Zusammenhang dieser Transformationen erläutert. Es folgt die Hilbert-Transformation, die unter bestimmten Bedingungen den Zusammenhang zwischen Real- und Imaginärteil sowie zwischen Dämpfungs- und Phasenfunktion einer Fourier-Transformierten darstellt. Abschließend werden das Abtasttheorem sowie lineare zeitdiskrete Systeme und deren Beschreibung mit Hilfe der z-Transformation behandelt.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Absolventen sind in der Lage, lineare Systeme im Zeit- und Frequenzbereich umfassend zu beschreiben. Besonders durch den großen Übungsanteil werden die Fähigkeiten zum praktischen Einsatz der erlernten Methoden gestärkt. Diese Methoden sind essentiell für den Bereich der Ingenieurwissenschaften und der Physik und universell einsetzbar.

Description / Content English
Fundamental notions and methods concerning the theory of linear systems will be discussed. After having discussed test signals and in particular Dirac delta-functions, the description of linear time-continuous systems in the time domain through their impulse response will be handled.
The computation of the output signal with the help of the convolution integral will be discussed in detail. The Fourier and Laplace transforms, being the adequate description method in the frequency domain, will be deduced and the most important rules applying to them as well as the relationship between all these transforms will be elucidated.
This is followed by the Hilbert transform, which - under certain specific conditions - describes the relationship between real and imaginary parts, as well as that between damping and phase functions in a Fourier transform.
In conclusion, the sampling theorem as well as linear time discrete systems and their description with the help of the Z-transform, will be discussed.



### **Learning objectives / skills English**

Students who have completed this course should be able to extensively describe linear systems in time and frequency domains. Particularly by the large percentage occupied by exercise sessions, the abilities of practical application of these methods will be intensified. These methods and tools used to describe linear systems are essential in the domains of engineering and physics and can be applied universally.

### **Literatur**

R. Unbehauen: Systemtheorie, Oldenbourg-Verlag, 5. Aufl. 1990

Modulname laut Prüfungsordnung			
Thermodynamik 1			
Module title English			
Thermodynamics 1			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Thermodynamik 1			
Course title English			
Thermodynamics 1			
Verantwortung			Lehreinheit
Atakan, Burak			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1	1	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung / Motivation</li> <li>2. Konzepte, Definitionen, Einheiten</li> <li>3. Eigenschaften reiner Fluide</li> <li>4. Energieübertragung: Arbeit &amp; Wärme</li> <li>5. Der erste Hauptsatz der Thermodynamik</li> <li>6. Energiebilanzen für Kontrollräume</li> <li>7. Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik</li> <li>8. Entropie</li> <li>9. Entropiebilanzen offener Systeme</li> <li>10. Kreisprozesse (1):Dampfkraftprozesse, Wärmepumpen, Kältemaschinen.</li> </ol>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sollen zunächst die grundlegenden Begriffe, Gesetzmäßigkeiten (Hauptsätze) und einfache Stoffmodelle für Reinstoffe kennen und diese anwenden können. Die Studierenden sollen Systeme geeignet wählen, Energieformen sicher identifizieren und Stoffmodelle rationell auswählen können. Probleme sollen durch eine systematische Anwendung von Massen-, Energie- und Entropiebilanzen und geeigneter Vereinfachungen gelöst werden. Im weiteren Verlauf sollen die Gesetzmäßigkeiten auf technisch relevante aber idealisierte energietechnische Prozesse von Reinstoffen angewandt werden können. Im Rahmen von Übungen sollen die Studierenden die selbstständige Anwendung der Thermodynamik zur Lösung von verschiedenen, den Studierenden noch nicht bekannten, Problemen gelernt haben. Praktische Erfahrungen mit thermodynamischen Größen werden im Rahmen eines Praktikums vermittelt.</p>

Description / Content English
-------------------------------

The fundamentals of engineering thermodynamics will be introduced and applied to problems of energy conversion.

Contents:

Introduction/Motivation,

Concepts/Definitions,

Properties of a pure substance ,

Work and Heat,

The first Law of Thermodynamics (Cycles, closed systems, open Systems, internal energy and enthalpy)

The second law of Thermodynamics (Carnot-Cycle, closed systems, open systems)

Entropy and related properties (Gibbs and Helmholtz function)

Vapour Power cycles and refrigeration

### **Learning objectives / skills English**

Upon successful completion of this course, students will have gained working knowledge of:

Basic properties of thermodynamic systems, processes, and cycles.

Understand the properties of pure substances, ideal gases, and be able

to calculate unknown properties given known properties or to find them in steam tables.

Understand and be capable of calculating important parameters and unknowns in closed systems and control volumes using the first law of thermodynamics.

Understand the second law of thermodynamics and be capable of using the law to design systems and machines to perform thermodynamic operations for closed systems and control volumes.

Students should gain a good understanding of vapour power cycles.

### **Literatur**

Sonntag, Borgnakke, Van Wylen; Fundamentals of Thermodynamics; 5.Aufl., John Wiley & Sons

Moran, Shapiro; Fundamentals of Engineering Thermodynamics; 3. Aufl., John Wiley & Sons

Baehr; Thermodynamik. Grundlagen und technische Anwendungen; 10.Aufl. Springer, Berlin

Stephan, Mayinger; Thermodynamik I. Einstoffsysteme. Grundlagen und technische Anwendungen; Springer, Berlin

Modulname laut Prüfungsordnung			
Thermodynamik 2			
Module title English			
Thermodynamics 2			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Thermodynamik 2			
Course title English			
Thermodynamics 2			
Verantwortung			Lehreinheit
Atakan, Burak			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1	1	
Studienleistung			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Exergie</li> <li>2. Wärmekraftprozesse mit Gasen</li> <li>3. Mischungen</li> <li>4. Thermodynamische Zusammenhänge</li> <li>5. Thermodynamik reagierender Stoffe</li> <li>6. Das chemische Gleichgewicht</li> <li>7. Wärmeübertragung, eine Einführung <ol style="list-style-type: none"> <li>7.1. Die Grundformen der Wärmeübertragung</li> <li>7.2. Der Wärmedurchgang</li> <li>7.3. Wärmeübertrager</li> </ol> </li> </ol>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sollen das Konzept der Exergie zur Beurteilung des Wertes unterschiedlicher Energieformen beherrschen. Die wichtigen Prozessparameter für thermodynamische Modellprozesse für Gaskraftmaschinen sollen bekannt und verstanden sein. Die Anwendungen thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten auf ideale Mischungen (insbesondere von Gasen, und feuchter Luft) soll leicht gelingen, ebenso wie die Anwendung der Hauptsätze auf reagierende Systeme, mit dem Hauptaugenmerk auf der Verbrennung und technisch relevanter Gas-phasenumwandlungen (Reforming etc.). Die thermodynamischen Zusammenhänge für Reinstoffe (z.B. Maxwell-Relationen) wie auch für Mehrkomponenten-Gemische werden beherrscht, das chemische Potential wird verstanden. Die einfachen (maximal eindimensionalen) Gesetzmäßigkeiten der Wärmeübertragung wie das Newtonsche Abkühlungsgesetz, das Stefan-Boltzmann-Gesetz und das Fouriersche Gesetz werden sicher beherrscht und auch im Rahmen des Wärmewiderstandskonzeptes angewandt. Im Rahmen des Praktikums werden vertiefte praktische Kenntnisse der in der Vorlesung vermittelten Gebiete erworben. Im Rahmen der Literaturrecherche zu aktuellen Themen aus der Thermodynamik werden elektronische Datenbanken benutzt und der Aufbau wissenschaftlicher Artikel kennen gelernt.</p>

Description / Content English
-------------------------------

The fundamentals of thermodynamics, introduced in the first part of this lecture, will be applied more extensively to idealized technical systems and an introduction to chemical thermodynamics and heat transfer will be given.

Contents:

Recapitulation of the first course

Availability (Exergy)

Gas power cycles

The properties of simple mixtures

Mixtures of ideal gases and vapors (humid air)

Thermodynamics of chemical reactions and the third law (Combustion)

Chemical Equilibrium

Basic of heat transfer

### Learning objectives / skills English

Upon successful completion of this course, students will have gained working knowledge of:

The second law of thermodynamics and be capable of using the law to design systems and machines to perform thermodynamic operations for control volumes.

The students should have a good understanding of the differences between vapor and gas cycles and should also have a sense of the most influential parameters for each type of cycle. The concepts to improve cycles using e.g. regenerative heaters or intercoolers should be understood and be rationalized using thermodynamic diagrams.

The student should now be familiar with the availability concept, to quantify the quality of an energy source.

The correlation between thermodynamics and the reduction of environmental pollution should be clear.

The student should be able to calculate changes of state of systems with humid air and should be able to use the Mollier diagram to describe such processes.

The thermodynamics of combustion processes should be well understood, so that adiabatic flame temperatures, enthalpies of combustion etc. for simple molecular fuels can be calculated.

The fundamental modes of heat transfer should be understood. The students should be able to solve simple one dimensional steady state conduction problems, simple transient heat conduction problems as well as simple convection problems.

With this knowledge the students should be able to follow the advanced lectures in process engineering, energy technology and combustion engines.

### Literatur

Sonntag, Borgnakke, Van Wylen, Fundamentals of Thermodynamics. 5. Aufl., John Wiley & Sons

Moran, Shapiro, Fundamentals of Engineering Thermodynamics. 3. Aufl., John Wiley & Sons

Baehr, Thermodynamik. Grundlagen und technische Anwendungen. 10. Aufl. Springer, Berlin

Stephan, Mayinger, Thermodynamik II. Mehrstoffsysteme. Grundlagen und technische Anwendungen. Springer, Berlin

Polifke, Kopitz, Wärmeübertragung. Pearson Studium, München 2005

Modulname laut Prüfungsordnung			
Verfahren und Anlagen der Nanotechnologie			
Module title English			
Processes and Instruments of Nanotechnology			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Verfahren und Anlagen der Nanotechnologie			
Course title English			
Processes and Instruments of Nanotechnology			
Verantwortung			Lehreinheit
Winterer, Markus			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Ausgehend von den physikalisch-chemischen Grundlagen werden Verfahren und Anlagen der Nanotechnologie vorgestellt. Die Einteilung erfolgt nach dem Aggregatzustand der wichtigsten beteiligten Phase. Der Schwerpunkt liegt bei Gasphasenverfahren und Transportprozessen. Dabei wird von einfachen, aber grundlegenden Modellen zur Beschreibung der Materie ausgegangen (z.B. dem idealen Gasgesetz) und daraus die wichtigsten mathematischen Beschreibungen entsprechender Verfahren und Anlagen der Nanotechnologie (z.B. Molekularstrahlepitaxie) entwickelt.</p> <p>Themen</p> <p>0 Einführung</p> <p>1 Gase</p> <p>1.1 Kinetische Gastheorie – Vakuum</p> <p>1.2 Mikroskopischer Transport in Gasen</p> <p>1.3 Fluidodynamik</p> <p>1.4 Vakuumtechnik – Grundoperation Vakuumherzeugung</p> <p>1.5 Physikalische und Chemische Umwandlung von Gasen in kondensierte Materie (MBE, CVD)</p> <p>2 Flüssigkeiten</p> <p>2.1 Flüssigkeitsmodell</p> <p>2.2 Transportprozesse in Flüssigkeiten</p> <p>2.3 Schichtherstellung aus der flüssigen Phase (Rotationsbeschichtung / Spincoating)</p> <p>2.4 Viskosität von Flüssigkeiten</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden kennen wichtige Verfahren und Anlagen der Nanotechnologie und können die physikalisch-chemischen Grundlagen und entsprechende Prozesse mit einfachen mathematischen Modellen beschreiben.

Description / Content English
-------------------------------

Processes and instruments of nanotechnology are described starting from physico-chemical fundamentals, systematically developed for the different states of matter, gas, liquid and solid. The focus is on gas phase processes and transport mechanisms. Mathematical descriptions of corresponding processes and instruments (for example molecular beam epitaxy) are developed from simple, fundamental models describing matter (for example the ideal gas law).

Topics

0 Introduction

1 Gases

1.1 Kinetic theory of gases - vacuum

1.2 Transport processes in gases

1.3 Fluid dynamics

1.4 Vacuum technology - Unit operation vacuum generation

1.5 Physical and Chemical conversion of gases into condensed matter (MBE, CVD)

2 Liquids

2.1 Liquid model

2.2 Transport processes in liquids

2.3 Film generation in the liquid phase (spin coating)

2.4 Viscosity of Liquids

### Learning objectives / skills English

The students know processes and instruments which are important in nanotechnology and are able to describe the physico-chemical fundamentals and corresponding processes with simple mathematical models.

### Literatur

Grundlagen

- P. W. Atkins, Physical Chemistry, Oxford University Press

- Manuel Jakubith, Grundoperationen und Chemische Reaktionstechnik, VCH

Vakuumtechnik

- M. Wutz, H. Adam und W. Walcher, Theorie und Praxis der Vakuumtechnik, Vieweg 2006

Vertiefung - Partikel und Schichten

- Milton Ohring, Materials Science of Thin Films – Deposition and Structure, Academic Press 2002

- Toivo T. Kodas and Mark Hampden-Smith, Aerosol Processing of Materials, Wiley 1999

Vertiefung - Nanotechnologie

- R. Waser (ed.), Nanoelectronics and Information Technology, Wiley-VCH 2003