

# Modulbeschreibung

## M.Sc. Metallurgy and Metal Forming PO24

Modulname laut Prüfungsordnung			
Additive Fertigungsverfahren 3 - Metallverarbeitung			
Module title English			
Additive Manufacturing 3 – Metal processing			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Additive Fertigungsverfahren 3 - Metallverarbeitung			
Course title English			
Additive Manufacturing 3 – Metal processing			
Verantwortung			Lehreinheit
Kleszczynski, Stefan			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
<p>Additive Fertigungsverfahren finden seit den frühen 2010er Jahren zunehmend Einzug in industrielle Produktionsprozesse. Vor allem von metallverarbeitenden additiven Fertigungsverfahren verspricht man sich in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen einen technologischen Mehrwert. Die zielführende Umsetzung dieser Mehrwerte erfordert jedoch ein vertieftes Prozess- und Methodenverständnis, welches im Rahmen der Lehreinheit vermittelt werden soll. Dies umfasst eine Beschreibung der unterschiedlichen Verfahren ebenso wie die Vermittlung der verfahrensseitigen Restriktionen und die komplexe Wechselwirkung der unterschiedlichen Prozesseinflussgrößen. Eine abschließende Betrachtung der wirtschaftlichen Randbedingungen soll den Teilnehmerinnen und Teilnehmern die Grundlagen zur zielführenden Anwendung metallverarbeitender additiver Fertigungsverfahren in der industriellen Praxis vermitteln.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden kennen die Möglichkeiten und Grenzen der metallverarbeitenden additiven Fertigungsverfahren. Sie sind fähig, anhand von praxisnahen Beispielen eine Produktionslösung unter technischen und wirtschaftlichen Kriterien auszuwählen, zu beurteilen oder zu optimieren.</p>

Description / Content English
<p>Since the early 2010s, additive manufacturing processes have increasingly found their way into industrial production processes. Particularly metal processing additive manufacturing processes are expected to add technological value in a wide variety of application areas. However, the effective implementation of these added values requires an in-depth understanding of processes and methods, which is to be taught as part of the course. This includes a description of the different processes as well as the mediation of the procedural restrictions and the complex interaction of the different process influencing variables. A concluding consideration of the economic boundary parameters should provide the participants with the basics for the purposeful application of metal processing additive manufacturing processes in industrial practice.</p>
Learning objectives / skills English

The students know about possibilities and limitations of metal processing additive manufacturing technologies. They are able to select a solution which fits technical and economical requirements. Furthermore they know how to evaluate and optimize existing systems.

## Literatur

- [1] Gibson, I., et al.: Additive Manufacturing Technologies. Boston, MA; Springer US, 2010. 978-1-4419-1119-3.
- [2] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.; VDI 3405 Additive Fertigungsverfahren. Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen. 2014
- [3] VDI VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E. V.; Handlungsfelder - Additive Fertigungsverfahren. 2016
- [4] Meiners, W.; Direktes selektives Laser Sintern einkomponentiger metallischer Werkstoffe. RWTH Aachen, Dissertation, 1999. Aachen: Shaker, 1999. Berichte aus der Lasertechnik. 3826565711
- [5] Kruth, J.-P., Levy, G., Klocke, F., and Childs, T.H.C.; Consolidation phenomena in laser and powder-bed based layered manufacturing [online]. CIRP Annals - Manufacturing Technology. 2007, 56 (2), 730-759. Available from: 10.1016/j.cirp.2007.10.004.
- [6] Li Yang, Keng Hsu, Brian Baughman, Donald Godfrey, Francisco Medina, Mamballykalathil Menon, Soeren Wiener; Additive Manufacturing of Metals: The Technology, Materials, Design and Production Springer International Publishing AG 2017, ISBN: 978-3-319-55128-9

Modulname laut Prüfungsordnung			
Anlagen- und Energiewirtschaft			
Module title English			
Asset and Energy Management			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Anlagen- und Energiewirtschaft			
Course title English			
Asset and Energy Management			
Verantwortung			Lehreinheit
Geldermann, Jutta			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>In dieser Vorlesung werden Methoden zur techno-ökonomischen und ökologischen Bewertung von industriellen Anlagen behandelt. Neben Methoden zur Kosten- und Investitionsschätzung wird insbesondere ein Schwerpunkt auf die Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten und Produktionsprozessen mittels der Ökobilanzierung gelegt.</p> <p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kosten- und Investitionsschätzung von Anlagen</li> <li>- Methoden der Nachhaltigkeitsbewertung und Ökobilanzierung</li> <li>- Mehrzielentscheidungsanalyse in der Anlagenwirtschaft</li> <li>- Anlagenplanung, Kapazitätsplanung und Verfahrenswahl</li> <li>- Grundlagen der Energiewirtschaft</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kennen die Aufgaben der Anlagen- und Energiewirtschaft,</li> <li>- können Investitions- und Kostenschätzungsverfahren anwenden,</li> <li>- können Massen- und Energiebilanzen mithilfe von Ökobilanz-Software erstellen und die Ergebnisse kritisch diskutieren.</li> </ul>

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

The lecture provides methods for the techno-economic and ecological assessment of industrial plants. In addition to methods for cost and investment estimation, particular emphasis is given to the assessment of the sustainability of products and production processes by means of life cycle assessment (LCA).

Contents:

- Methods for cost and investment estimation of plants
- Methods of sustainability assessment and life cycle assessment (LCA)
- Multi Criteria Decision Analysis
- Plant planning, capacity planning and process selection
- Fundamentals of energy management

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

The students

- know the tasks of plant and energy management
- can apply investment and cost estimation methods
- can set up mass and energy balances with the help of life cycle assessment (LCA) software and critically discuss the results
- know the main features of the energy industry

### **Literatur**

Vorlesungsskript Anlagen- und Energiewirtschaft

Geldermann, J.: Anlagen- und Energiewirtschaft - Kosten- und Investitionsschätzung sowie Technikbewertung von Industrieanlagen. Vahlen, München, 2014

Klöpper, W.; Grahl, B.: Ökobilanz (LCA): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf, Wiley-VCH, 2009

Frischknecht, R.: Lehrbuch der Ökobilanzierung, Springer Spektrum Berlin, Heidelberg, 2020

Modulname laut Prüfungsordnung			
CO2-Kreislauf Technologien - Freisetzung, Abscheidung und Nutzung			
Module title English			
CO2-circular technologies – release, capture and utilization			
Kursname laut Prüfungsordnung			
CO2-Kreislauf Technologien - Freisetzung, Abscheidung und Nutzung			
Course title English			
CO2-circular technologies – release, capture and utilization			
Verantwortung			Lehreinheit
Wieland, Christoph			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>Das Molekül CO<sub>2</sub> spielt die zentrale Rolle in der Klimadebatte und – neben Wasserstoff – auch in unserer Energiewende. Dabei ist Kohlenstoff in unserem Alltag kaum wegzudenken – nicht nur in der Energieversorgung, sondern auch in der Rohstoffindustrie und der chemischen Industrie.</p> <p>Die Vorlesung befasst sich deshalb mit Themen rund um das Molekül CO<sub>2</sub>. Konkret werden zum Einstieg die Ursprünge des CO<sub>2</sub>s mit dem Fokus auf technischen Verbrennungssystemen vorgestellt. Die daraus freigesetzten Stoffströme und deren Zusammensetzung bilden die Basis für die Entwicklung entsprechender Abscheidetechnologien, welche einzeln vorgestellt und detailliert betrachtet und bewertet werden. Bei den Technologien soll auch auf technisch realisierbare Reinheiten und Zusammensetzungen eingegangen werden, die in entscheidendem Maße die Nachnutzung oder auch die Speicherung des CO<sub>2</sub>s beeinflussen können. Zentrale Nutzungs- und Speicherpfade werden vorgestellt.</p> <p>Insbesondere mit Blick auf eine Kreislaufwirtschaft spielen Lebenszyklusbetrachtungen ebenfalls eine entscheidende Rolle bei der Herstellung und Nutzung von heutigen und zukünftigen Produkten. Auch sollen beispielhaft Entsorgungspfade aber auch Recycling-Ansätze vorgestellt werden.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Student:Innen verstehen den natürlichen CO<sub>2</sub> Kreislauf, aber auch den Ursprung des anthropogenen CO<sub>2</sub>s in der Atmosphäre und können die CO<sub>2</sub> Emissionen verschiedener industrieller Prozesse abschätzen und bewerten.</p> <p>Die Student:Innen kennen die verfahrenstechnischen Möglichkeiten zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus Rauchgasen und der Luft und können deren Vor- und Nachteile für bestimmte Anwendungen bewerten.</p> <p>Darauf aufbauend lernen die Student:Innen technische Maßnahmen zur Speicherung und zur Nutzung kennen. Anhand beispielhafter Recycling-Ansätze und Entsorgungsmöglichkeiten soll ein Verständnis für neuartige Produktentwicklungsansätze geschaffen werden.</p> <p>Die Student:Innen erarbeiten sich mit der Vorlesung ein technologie-orientiertes Verständnis des Nutzungspfades Kohlenstoff in Form von CO<sub>2</sub> und als Baustein für ausgewählte Produkte von CO<sub>2</sub>-arm bis CO<sub>2</sub>-negativ.</p> <p>Auch sollen sozioökonomische Faktoren vermittelt werden, welche Einfluss auf den Umsetzungshorizont haben, aber auch auf die Akzeptanz neuer Technologien in unserer Gesellschaft.</p>

### Description / Content English

CO<sub>2</sub> as a species plays a vital role in the climate debate and – besides hydrogen – also in our energy transition (“Energiewende”). At the same time, CO<sub>2</sub> is essential for our everyday life – not only in the energy supply, but also in the resource industry as well as in the chemical industry. Therefore, this lecture addresses the topics centered around the CO<sub>2</sub>. Getting started with the origin of CO<sub>2</sub> by focusing and introducing technical combustion systems. The released gas streams and their composition form the basis for the development of suitable carbon capture technologies. Their working principles are introduced, detailed and individually assessed. The achievable purities and compositions will be addressed, as they are limiting potential applications, including storage options. The various utilization pathways will be introduced. Looking at circular economy, life cycle assessment are key for the production of sustainable products – today and even more in the future. Therefore, exemplified disposal and recycling pathways will be introduced.

### Learning objectives / skills English

The students will understand the natural carbon cycle, but also the anthropogenic origin of CO<sub>2</sub> in the atmosphere. They will be able to estimate the various CO<sub>2</sub> emissions from industrial processes and assess them.

The students will know the engineering processes of carbon capture technologies from flue gases, but also of direct air capture. Beyond this, they will be able to assess the pros and cons for the various applications.

The students learn technical measures for storage and utilization of CO<sub>2</sub>.

Based on various recycling approaches and disposal, a fundamental understanding for today’s approaches in product development will be developed.

The student will gain a technology-oriented understanding of utilization pathways of Carbon in the form of CO<sub>2</sub> and as a building-block for products for CO<sub>2</sub>-lean to CO<sub>2</sub>-neutral to CO<sub>2</sub>-negative.

Also, socio-economic factors will be conveyed as a learning objective, in order to understand how this influences not only the implementation, but also the acceptance of new technologies in society.

### Literatur

- Manfred Fishedick, Klaus Görner, Margit Thomeczek: CO<sub>2</sub>: Abtrennung, Speicherung, Nutzung, ISBN: 978-3-642-19527-3

- Manfred Kircher, Thomas Schwarz: CO<sub>2</sub> und CO - Nachhaltige Kohlenstoffquellen für die Kreislaufwirtschaft, ISBN: 978-3-662-60648-3

**Modulname laut Prüfungsordnung**

Die Methode der finiten Elemente 1

**Module title English**

Finite Element Method 1

**Kursname laut Prüfungsordnung****Die Methode der finiten Elemente 1****Course title English**

Finite Element Method 1

**Verantwortung**

Kowalczyk, Wojciech

**Lehreinheit**

MB

**Kreditpunkte**

5

**Turnus**

SoSe

**Sprache**

D

**SWS Vorlesung**

1

**SWS Übung**

2

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

Klausur

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

Die Methode der finiten Elemente (FEM) hat sich zum Standardwerkzeug der Festigkeitslehre entwickelt. Die Vorlesung gibt einen Einblick in die theoretischen Grundlagen der Methode. Den Hauptteil der Lehrveranstaltung bilden Rechenübungen und selbstständig zu bearbeitende praktische Aufgaben am Computer. Dabei werden ausgewählte Probleme der Festigkeitslehre mit dem FE-Programmsystem Z88Aurora bearbeitet. Der Schwerpunkt liegt bei der Behandlung linearer, statischer Probleme.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Lehrveranstaltung stellt das Verständnis für die grundlegenden mathematischen Methoden zur Behandlung von linearen Problemen her. Die Studierenden sind in der Lage, die geeignete Finite Elemente Formulierung vorzunehmen, um eine Fragestellung aus linearer Elastostatik selbständig zu definieren und zu lösen.

**Description / Content English**

The Finite Element Method (FEM) has become the standard tool in mechanics of materials. The lecture provides a brief introduction into the theoretical foundations of the method. The main part of the course consists of calculated exercises and practical problems to be worked on independently using a computer. Selected problems of mechanics of materials are solved using the FE software system Z88Aurora. Special emphasis is given to linear, static problems.

**Learning objectives / skills English**

The course provides an understanding of the basic mathematical methods for the treatment of linear problems. The participants are able to apply an appropriate finite element formulation to define and resolve independently questions from the linear elastostatics.

**Literatur**



Klein: FEM, Grundlagen und Anwendungen der Finite-Element-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau, Springer  
Zienkiewicz: Methode der finiten Elemente. Hanser Verlag  
Zienkiewicz, Taylor: The Finite Element Method. McGraw-Hill  
Gross, Hauger, Schnell, Wriggers: Technische Mechanik. Band 4: Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden. Springer  
Betten: Finite Elemente für Ingenieure 1. Grundlagen, Matrixmethoden, Elastisches Kontinuum. Springer

Modulname laut Prüfungsordnung			
Die Methode der finiten Elemente 2			
Module title English			
Finite Element Method 2			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Die Methode der finiten Elemente 2			
Course title English			
Finite Element Method 2			
Verantwortung			Lehreinheit
Kowalczyk, Wojciech			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
1	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Als Fortführung der Übungen zur Methode der finiten Elemente werden nichtlineare und dynamische Probleme der Festigkeitslehre mit dem FE-Programmsystem ANSYS behandelt. Schwerpunkte sind große Deformationen, nichtlineares Materialverhalten, Dynamik und Kontaktprobleme. An ausgewählten Beispielen werden Lastschrittsteuerung sowie Lösungsoptionen vorgestellt, Hinweise zum Post-Processing gegeben und Ergebnisse diskutiert.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Lehrveranstaltung stellt das Verständnis für die grundlegenden mathematischen Methoden zur Behandlung von nichtlinearen und dynamischen Problemen her. Die Studierenden sind in der Lage, die geeignete Finite Elemente Formulierung vorzunehmen, um eine Fragestellung aus nichtlinearer und dynamischer Festigkeitslehre selbständig zu definieren und zu lösen.

Description / Content English
In continuation to the exercise classes of the finite element method non-linear and dynamical problems concerning mechanics of materials are considered and solved using the FE software ANSYS. Special emphasis is given to large deformations, non-linear material behaviour, dynamics, and contact problems. The proper selection of load steps, specific options of the solution process and advanced features of the post-processor are explained using selected examples.
Learning objectives / skills English
The course provides an understanding of the basic mathematical methods for the treatment of non-linear and dynamical problems. The participants are able to independently apply an appropriate finite element formulation to define and solve questions from non-linear and dynamics mechanics of materials.

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

Klein: FEM, Grundlagen und Anwendungen der Finite-Element-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau, Springer

Zienkiewicz: Methode der finiten Elemente. Hanser Verlag

Zienkiewicz, Taylor: The Finite Element Method. McGraw-Hill

Gross, Hauger, Schnell, Wriggers: Technische Mechanik. Band 4: Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden. Springer

Betten: Finite Elemente für Ingenieure 2. Variationsrechnung, Energiemethoden, Näherungsverfahren, Nichtlinearitäten. Springer

Modulname laut Prüfungsordnung			
Gas Dynamics			
Module title English			
Gas Dynamics			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Gas Dynamics			
Course title English			
Gas Dynamics			
Verantwortung			Lehreinheit
Kempf, Andreas Markus; Wlokas, Irenäus			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur und Projektarbeit			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Strömung kompressibler Fluide (Gase) ist von hoher technischer Relevanz in vielen Bereichen des Anlagenbaus, Energietechnik, sowie Luft- und Raumfahrt. Die Berechnung von Druckverlusten, Strömungskräften und Wellenausbreitung unterscheidet sich zum Teil erheblich, abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit. Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen der Modellierung kompressibler Strömung für stationäre und instationäre Probleme.</p> <p>1. Grundlagen Einführung und Anwendungsbeispiele, Definitionen und Nomenklatur, Grundlagen der Thermodynamik, Erhaltungsgesetze der Kontinuumsmechanik, Eigenschaften idealer Gase, dimensionslose Kennzahlen</p> <p>2. Eindimensionale Stromfadentheorie Bilanzgleichungen für einen Stromfaden, Staupunktströmung, Ausströmung aus einem Tank/Behälter, reibungsfreie Düsenströmung, stationärer Verdichtungsstoß, viskose Strömung durch Rohre</p> <p>3. Eindimensionale Wellenausbreitung Herleitung der Gleichungen, lineare Wellenausbreitung, nichtlineare Wellenausbreitung, das Stoßrohr, das Riemann-Problem, Analogie zur Strömung in offenen Gerinnen</p> <p>4. Verbrennung und Detonation Grundlagen der Verbrennung, Rayleigh-Gleichung, Rankine-Hugoniot-Gleichung, p,v-Diagramm, Grenzfälle, Modelle für Detonationswellen und Strukturen</p> <p>5. Lösungsmethoden Arten partieller Differentialgleichungen, Modellgleichungen, analytische Lösungsmethoden, numerische Lösungsmethoden</p> <p>6. Wiederholung</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Erweiterte Kenntnisse der Strömungsmechanik. Vertieftes Verständnis für die praktische Anwendung von Berechnungsmethoden in der Auslegung von Leitungen und Armaturen.

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

The flow of compressible fluids (gases) is of high technical relevance in many areas of plant engineering, energy technology, as well as aerospace. The calculation of pressure losses, flow forces, and wave propagation differs significantly in some cases, depending on the flow velocity. The lecture covers the fundamentals of modeling compressible flow for both steady and unsteady problems.

1. Basics

Introduction and application examples, definitions and nomenclature, basics of thermodynamics, conservation laws of continuum mechanics, properties of ideal gases, dimensionless quantities

2. One-dimensional stream tube theory

Balance equations for a stream tube, stagnation point flow, outflow from a tank/vessel, inviscid nozzle flow, steady state compression shock, viscous flow through pipes

3. One-dimensional wave propagation

Derivation of the equations, linear wave propagation, non-linear wave propagation, the shock tube, the Riemann problem, analogy to flow in open channels

4. Combustion and detonation

Basics of combustion, Rayleigh equation, Rankine-Hugoniot equation,  $p,v$ -Diagram, limiting cases, models for detonation waves and structures

5. Solution methods

Types of partial differential equations, model equations, analytical solution methods, numerical solution methods

6. Repetition

### Learning objectives / skills English

Advanced knowledge of fluid mechanics. In-depth understanding of the practical application of calculation methods in the design of pipelines and fittings.

### Literatur

Über Moodle zur Verfügung gestelltes Material

Modulname laut Prüfungsordnung			
Gießen und Erstarren von Stahl			
Module title English			
Casting and Solidification of Steel			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Gießen und Erstarren von Stahl			
Course title English			
Casting and Solidification of Steel			
Verantwortung			Lehreinheit
Deike, Rüdiger			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
Die für die Erstarrung von Metallen wichtigen Fragen der Keimbildung, des Kristallwachstums, der konstitutionellen Unterkühlung werden vorgestellt. Die Bedeutung des oxidischen Reinheitsgrades und die Bildung von Mikro- und Makroseigerungen sowie sich daraus ableitende Konzentrationsunterschiede werden im Detail erklärt. Unterschiedliche Rissbildungen und deren Ursachen werden im Zusammenhang mit den Gießgeschwindigkeiten, der Wärmeabfuhr in der Kokille und den sich daraus ergebenden Erstarrungsgeschwindigkeiten diskutiert. Es wird ein Überblick über die Auslegung von Stranggussanlagen und die Möglichkeiten der Prozesskontrolle gegeben.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage die Grundlagen der Theorie der Erstarrung von Metallen allgemein und insbesondere beim Strang- und Kokillenguss zu beschreiben. Die Studierenden sind fähig die Einflüsse von Gießgeschwindigkeiten, Erstarrungsgefügen, Seigerungen und mechanischen Vorgängen auf die Qualität von Stählen zu beurteilen. Auf der Basis dieser Kenntnisse sind die Studierenden in der Lage, Stranggießprozesse und eventuell auftretende grundlegende Fehler methodisch analysieren zu können.

Description / Content English
In this lecture the important items of homogeneous and heterogeneous nucleation, different kinds of crystal growth and the principles of constitutional supercooling are presented. The importance of the oxidic cleanliness, the formation of micro- and macrosegregation and resulting concentration profiles are explained in detail. Different causes of crackformation are discussed in dependance on casting velocities, heat transfer conditions in the ingot mould and solidification rates. Different possibilities (construction of continous casting machines, electromagnetic stirring and so on) to improve the metallurgical cleanliness of steels are presented.
Learning objectives / skills English

The students are able to describe the principles of solidification in general and they are able to transform this knowledge on continuous casting processes. The students are qualified to evaluate the influence of casting velocities, segregation, microstructures and mechanical strand deformation on the quality of steel products. On that basis students are able to analyse failures in continuous casting processes.

### Literatur

Flemings, M.C.: Solidification Processing; McGraw-Hill Book Company, Washington New York 1974  
Chalmers, B. : Principles of Solidification; John Wiley & Sons Inc., New York, London, Sidney 1967  
Schwerdtfeger, K. (Hrsg.): Metallurgie des Stranggießens; Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf 1991

Modulname laut Prüfungsordnung			
Kalibrieren und Berechnen von Walzwerkswalzen			
Module title English			
Roll Pass and Section Roll Design			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Kalibrieren und Berechnen von Walzwerkswalzen			
Course title English			
Roll Pass and Section Roll Design			
Verantwortung			Lehreinheit
Overhagen, Christian			MB
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>Schwerpunkthemen der Veranstaltung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Walzenwerkstoffe: statische und dynamische Festigkeitsdaten; Verbundwalzen, Zwei- oder Mehrstoffwalzen; Pulvermetallurgische Walzen; Eigenspannungen.</li> <li>- Walzenbelastungen: Umlauf- und Querkraftbiegung; Thermische Walzenbelastung; Gestalteinflüsse (Kerben).</li> <li>- Walzenverformungen: Biegelinie, Durchbiegung; Querschnittsverformung; Thermische Dehnung; Gesamtverformung.</li> <li>- Flachwalzen: Warm- und Kaltwalzen; Unterschiede bez. Belastung; Duo- und Mehrwalzen-Systeme.</li> <li>- Profilwalzen: Kaliberformen, Kerbwirkungen; Kaliber- und Walzenverschleiß; Einfluss von Kaliberform auf dynamische Belastbarkeit.</li> </ul>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden können Flach- und Profilwalzen anhand gegebener Belastungen berechnen und die Betriebssicherheit einschätzen. Für Profilwalzprozesse können sie Kaliberreihen auslegen.

Description / Content English
<p>Content of the lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- roll materials, static and dynamic limit stresses, compound rolls, PM-rollmaterials, residual stresses in rolls</li> <li>- roll deformation, reversing bending and shear bending, bending line, thermal expansion, total deformation of a roll</li> <li>- flat rolling: hot and cold rolling rolls, two-high, four- and six-high roll arrangements</li> <li>- section rolling: grooves, notch effects, groove and roll wear, strength of section rolls.</li> </ul>
Learning objectives / skills English
The students are able to calculate the roll load stresses for flat and section rolls. They are able to check the operational safety of the roll body. For section rolling they can design a pass sequence.



## Literatur

J. Orr; Roll Pass Design; British Iron and Steel Corporation; Sheffield, 1964  
A.E. Brayshaw; Rolling Mill Rolls; ASM, Metals Park, Ohio;  
H. Neumann; Kalibrieren von Walzen; Grundstoffindustrieverlag, Leipzig  
P.J. Mauk; Grundlagen des Walzens; Verlag Stahleisen, Düsseldorf, demnächst

Modulname laut Prüfungsordnung			
Master-Arbeit (einschließlich Kolloquium)			
Module title English			
Master-Thesis (including colloquium)			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Master-Arbeit (einschließlich Kolloquium)			
Course title English			
Master-Thesis (including colloquium)			
Verantwortung			Lehreinheit
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
30	W/S	D/E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Masterarbeit			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Master-Arbeit ist eine Prüfungsarbeit, in der die oder der Studierende zum Abschluss des Studiums zeigen soll, dass er innerhalb einer vorgegebenen Frist von 6 Monaten ein Problem selbstständig unter Anleitung nach wissenschaftlichen Methoden bearbeiten kann. Die Arbeit soll wie ein Projekt in der Praxis unter Beachtung von Methoden des Projektmanagements betreut und durchgeführt werden. Dokumentation und Präsentation (Kolloquium, deutsch oder englisch) sollen zeigen, dass die oder der Studierende in der Lage ist, Zusammenhänge und Ergebnisse verständlich und präzise darzustellen.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Master-Abschlussarbeit stellt eine Prüfungsleistung dar. Neben der fachlichen Vertiefung an einem Beispiel dient sie auch dem Erwerb und der Vertiefung folgender Soft-Skills: - Selbstlernfähigkeit, - Teamfähigkeit (Zusammenarbeit mit den Betreuern), - Anwendung von Methoden des Projektmanagements, - Kommunikationsfähigkeit: technische Dokumentation und Präsentation, - im Fall englischer Präsentation auch Übung von Sprachkenntnissen

Description / Content English
The master-thesis is an examination paper, in which the student should show that he can solve a problem self-contained under guidance by using scientific methods, within 6 months at the end of his studies. This thesis is supervised and conducted like a project in practice considering methods of project management. Documentation and presentation (colloquium, German or English) should show that the student is able to illustrate relations and results in a coherent and precise way.
Learning objectives / skills English

The master-thesis represents an examination. Besides the professional engrossing by using an example the acquisition of soft skills are also gained:

- self-learning ability
- capacity of teamwork (working together with the supervisor)
- application of methods of project management
- communications skills: technical documentation and presentation,
- in case of an English presentation also practice of language skills

## Literatur

Spezifisch für das gewählte Thema

Modulname laut Prüfungsordnung			
Metallurgical Thermochemistry			
Module title English			
Metallurgical Thermochemistry			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Metallurgical Thermochemistry			
Course title English			
Metallurgical Thermochemistry			
Verantwortung			Lehreinheit
Deike, Rüdiger			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur oder Mündliche Prüfung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Es werden die Grundlagen der metallurgischen Thermodynamik unter besonderer Berücksichtigung von Reaktionen bei hohen Temperaturen zwischen Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen erklärt. Es wird der Umgang mit thermodynamischen Tabellenwerken am Beispiel der Enthalpien, der Freien Enthalpien, der Entropie usw. erklärt. Die Freien Reaktionsenthalpien unter Standardbedingungen werden am Beispiel des Ellingham-Diagrammes erläutert. Im Weiteren wird vorgestellt wie ausgehend von den Standardbedingungen reale Prozesse berechnet werden können und welche Rolle die Aktivitäten in diesem Zusammenhang spielen. Hier werden die Aktivitäten und deren Bedeutungen erklärt. Da es sich bei Metallschmelzen in der Regel um Mischungen handelt, wird ausgehend vom Raoult'schen Partialdruckgesetz der Unterschied zwischen idealen und realen Mischungen erklärt und wie diese thermodynamisch beschrieben werden können. An ausgewählten Beispielen wie z.B. die Reduktion von Metalloxiden durch Kohlenstoff, Wasserstoff und anderen Metallen werden typische metallurgische Probleme vorgestellt und anhand von Tabellen manuell und mit Hilfe der Software FACTSage berechnet.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden kennen die Bedeutung der thermodynamischen Größen Enthalpie, Freie Enthalpie, Entropie und wissen was mit diesen Größen berechnet wird. Die Studierenden sind in der Lage thermodynamische Gleichgewichte unter Standardbedingungen und realen Bedingungen zu berechnen und können somit beurteilen ob Reaktionen unter gegebenen Druck- und Temperaturbedingungen ablaufen oder nicht. Die Studierenden wissen wie reale Mischungen beschrieben werden und welche Bedeutung dabei Aktivitäten haben. Die Studierenden sind in der Lage metallurgische Prozesse mit Hilfe von Tabellenwerken und modernen Softwarepaketen wie FACTSage zu berechnen.</p>

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

The basics of metallurgical thermodynamics are explained, particularly considering reactions at high temperatures between solids, liquids, and gases. The use of thermodynamic tables is presented using the example of Enthalpies, Gibbs energies, Entropy, etc. The Gibbs reaction energy under standard conditions is explained using the example of the Ellingham diagram. Furthermore, it shows how fundamental processes can be calculated based on the standard conditions and what role activities play in this context. The activities and their meanings are explained here. Since metal melts are usually mixtures, the difference between ideal and real mixtures is explained based on Raoult's law of partial pressures and how these can be described thermodynamically. Typical metallurgical problems are presented using selected examples, such as the reduction of metal oxides using carbon, hydrogen, and other metals, and calculated manually using tables and with the help of the FACTsage software.

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

The students know the meaning of the thermodynamic parameters Enthalpy, Gibbs Energy, and Entropy and understand what is calculated with these quantities. They are able to calculate thermodynamic equilibria under standard and real conditions and can thus assess whether reactions will proceed under given pressure and temperature conditions or not. The students know how real mixtures are described and the importance of activities in this context. They are able to calculate metallurgical processes using tables and modern software packages such as FACTsage.

#### **Literatur**

Gaskell D.R.: Introduction to Metallurgical Thermodynamics; McGraw-Hill Book Company, Washington New York 1981  
Atkins, P.W.: Physikalische Chemie; 2. Auflage VCH Weinheim  
Physikalische Chemie der Eisen- und Stahlerzeugung; Verlag Stahleisen, 1964  
Darken, L.S.; Gurry, R.W.: Physical Chemistry of Metals; McGraw-Hill Book Company, Washington New York 1953  
C.H.P. Lupis, C.H.P.: Chemical Thermodynamics of Materials; PTR Prentice-Hall, Inc., 1983

Modulname laut Prüfungsordnung			
Moderne Energiesysteme			
Module title English			
Modern Energy Systems			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Moderne Energiesysteme			
Course title English			
Modern Energy Systems			
Verantwortung			Lehreinheit
Hoster, Harry; Roes, Jürgen			MB
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>Im Rahmen dieser Veranstaltung werden ausgewählte Energiesysteme, die für die Transformation der Energiewirtschaft (Energiewende) bedeutsam sein werden, stofflich, energetisch und hinsichtlich ihrer Kostenstrukturen bilanziert. Nach der einführenden Darstellung wesentlicher energiewirtschaftlicher Zusammenhänge werden die Funktionsweise wichtiger Prozesse und die erforderlichen Methoden zur Bewertung vorgestellt. Ein Schwerpunkt der Modernen Energiesysteme liegt im Bereich der Anlagen, die die Residuallast darstellen können. Die Residuallast ist die in einem Elektrizitätsnetz nachgefragte Leistung abzüglich des Anteils fluktuierender, nicht steuerbarer Einspeisung von Erneuerbaren Energien, also die Restnachfrage, die von regelbaren Kraftwerken erbracht werden muss. Dazu werden u.a. moderne Konzepte fossil gefeuerter Kraftwerke (u.a. Gasturbinen und GuD-Anlagen) und von Blockheizkraftwerken zur dezentralen Strom- und Wärmeversorgung (KWK) vorgestellt und bilanziert. Ein Kapitel behandelt die Brennstoffzelle als innovativer elektrochemischer Energiewandler. Des Weiteren werden die Grundlagen der Kernenergie, der international eine bedeutsame Rolle bei der CO<sub>2</sub>-freien Stromerzeugung beigemessen wird, vorgestellt und aktuelle und zukünftige Reaktorkonzepte dargestellt. Auch der Bereich der Wärmeversorgung weist ein hohes Einsparpotenzial für Kohlendioxidemissionen auf. Zur Aktivierung der Wärmewende werden u.a. Wärmepumpen und im urbanen Raum Wärmenetze zur Einbindung erneuerbarer Energien als notwendig angesehen. Dazu werden moderne Methoden der Wärme- und Kältebereitstellung beleuchtet.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen</li> <li>2. Prinzip von modernen Dampfkraftanlagen</li> <li>3. Gasturbinen und GuD-Anlagen</li> <li>4. Kraft-Wärme-Kopplung</li> <li>5. Brennstoffzellen</li> <li>6. Kernenergie</li> <li>7. Wärme- und Kältebereitstellung</li> </ol> <p>Die Vorlesung strebt das vertiefte Verständnis wichtiger komplexer Systeme der Energietechnik unter technischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten an, so dass der Studierende anhand praxisnaher Beispiele zu eigenen qualitativen und quantitativen Aussagen kommt.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden kennen moderne Systeme zur Strom- und Wärmeversorgung nach dem aktuellen Stand der Technik sowie die in der Entwicklung befindlichen zukünftigen Energiesysteme. Die Studierenden können diese modernen Energiesysteme anhand der grundlegenden Methoden zur technischen bzw. ökologischen Beurteilung von Prozessen und Verfahren bewerten und die Wirtschaftlichkeit von Prozessen der Energietechnik (Verfahrensvergleich) beurteilen. Die Studierenden haben dadurch tiefergehende Fachkenntnisse im komplexen Technologiefeld von Energietechnik und Energiewirtschaft.

### Description / Content English

Selected energy systems, that will be important for the transformation of the energy industry (energy transition), will be analysed in terms of materials, energy and cost structures. After an introductory presentation of key energy industry relationships, the functioning of important processes and the methods required for evaluation will be presented. One focus of Modern Energy Systems lies in the area of systems that can represent the residual load. The residual load is the power demanded in an electricity grid minus the share of fluctuating, uncontrollable feed-in from renewable energies, i.e. the residual demand that must be met by controllable power plants. To this end, modern concepts of fossil-fuelled power plants (including gas turbines and CCGT plants) and combined heat and power plants for decentralised electricity and heat supply (CHP) are presented and balanced. One chapter deals with the fuel cell as an innovative electrochemical energy converter. In addition, the basics of nuclear energy, which is internationally recognised as playing an important role in CO<sub>2</sub>-free power generation, are presented and current and future reactor concepts are outlined. The heat supply sector also has a high potential for reducing carbon dioxide emissions. To activate the heat transition, heat pumps and, in urban areas, heating networks for the integration of renewable energy sources will be presented.

1. Energy-economic framework conditions
2. Principle of modern steam power plants
3. Gas turbines and combined cycle plants
4. Combined heat and power generation
5. Fuel cells
6. Nuclear energy
7. Heat and cold generation

The lecture aims to a deep understanding of important complex systems in energy technology from a technical, economic and ecological point of view so that own qualitative and quantitative statements based on practical examples are possible.

### Learning objectives / skills English

Students are familiar with modern systems for electricity and heat supply according to the current state of the art as well as future energy systems currently under development. Students will be able to evaluate these modern energy systems using the basic methods for the technical and ecological assessment of processes and procedures and assess the economic efficiency of energy technology processes (process comparison). As a result, students have in-depth specialist knowledge in the complex technology field of energy technology and energy management.

### Literatur

K. Strauß; Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, regenerativer und nuklearer Energiequellen; Springer-Verlag, Berlin 2006  
K. Lucas; Thermodynamik - Die Grundgesetze der Energie- und Stoffumwandlungen; Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1995)  
R. Zahoransky (Hrsg.); Energietechnik; Verlag Springer Vieweg 2022  
A. Heinzl, F. Mahlendorf, J. Roes (Hrsg.); Brennstoffzellen – Entwicklung, Technologie, Anwendung; 3. Auflage, ISBN 3-7880-7741-7, C.F. Müller Verlag, Hüthig GmbH & Co., Heidelberg 2006

Modulname laut Prüfungsordnung			
Nachhaltige Energievektoren			
Module title English			
Sustainable Energy Vectors			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Nachhaltige Energievektoren			
Course title English			
Sustainable Energy Vectors			
Verantwortung			Lehreinheit
Hoster, Harry; Mahlendorf, Falko			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
Im Rahmen der Vorlesung werden die physikalischen und systemtechnischen Grundlagen der Nutzung der Windenergie (Leistungsdichte des Winds, Windmessung, Windenergiekonverter), der Wasserkraft (Aufbau und Komponenten einer Wasserkraftanlage, Pumpspeicherkraftwerke), Meeresenergie (Leistung von Wasserwellen, Meeresströmungskraftwerke), Gezeitenenergie (Entstehung von Ebbe und Flut, Gezeitenkraftwerke) und der Geothermie (oberflächennahe und hydrothermale Erdwärmenutzung, heiße Gesteinsschichten) behandelt. Ein weiteres Schwerpunktthema bildet die Photosynthese und die Möglichkeiten der energetischen Biomassenutzung (Verbrennung, Vergasung, Pyrolyse, Biogaserzeugung, Äthanolherstellung). Bei jeder Technologie wird auf den erreichten Stand der Technik eingegangen sowie die technischen und wirtschaftlichen Potentiale diskutiert.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Der Student ist in der Lage, regenerative Energiesysteme auf Basis Wind, Wasserkraft, Geothermie, und Biomasse technisch und ökonomisch zu bewerten. Das zukünftige Potential und der Stand der Technik sind bekannt.

Description / Content English
The physical and technical fundamentals of wind energy conversion like power density of wind, measurement of wind speed and wind energy conversion principles will be explained. For water power, the relevant topics are construction principles and components, especially types of turbines, and pumped storage stations as well as energy conversion of tidal and ocean current and waves. The different types of geothermal energy (near surface, hydrothermal, hot dry rock) and biomass are further main foci, including combustion and gasification technology, fermentation for ethanol and biogas generation. For each of these technologies, the achieved state-of-the-art will be presented, the future technical and economical potential will be discussed.
Learning objectives / skills English
The students are able to judge regenerative energy systems on basis of wind and water power, biomass and geothermal energy with respect to technology and economics. The future potential and the state-of-the-art are known.



## Literatur

- Martin Kaltschmitt, Andreas Wiese, „Erneuerbare Energien“, Springer Verlag
- Manfred Kleemann, Michael Meliß, „Regenerative Energiequellen“, Springer Verlag
- Jochen Fricke, Walter Borst, „Energie – Ein Lehrbuch der physikalischen Grundlagen“, R. Oldenbourg Verlag
- Volker Quaschnig, „Regenerative Energiesysteme“, Hanser Verlag

Modulname laut Prüfungsordnung			
Numerics and Flow Simulation			
Module title English			
Numerics and Flow Simulation			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Numerics and Flow Simulation			
Course title English			
Numerics and Flow Simulation			
Verantwortung			Lehreinheit
Kempf, Andreas Markus			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	SoSe	E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Mündliche Prüfung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die Vorlesung vermittelt detailliertes Verständnis numerischer Verfahren zur Simulation strömungsmechanischer Probleme (CFD, computational fluid dynamics). Die Inhalte gliedern sich in zwei Teile:</p> <p>Teil 1: mathematische Grundlagen der Lösung von Transport- und Erhaltungsgleichungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpolationsverfahren, numerische Integration und Differentiation</li> <li>- Finite Volumen Diskretisierung konvektiver und diffusiver Flüsse, Zeitintegration</li> <li>- Druck-Geschwindigkeits Kopplung</li> <li>- 3D-CFD, Simulation der turbulenten Strömung mit Reynolds-gemittelter Gleichungen, Simulation der turbulenten Strömung mit Grobstruktur-Modellen (LES)</li> </ul> <p>Teil 2: Einführung in die Simulationspraxis am Beispiel von OpenFOAM</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integration der Strömungssimulation im CAE Prozess, Grundkonzepte von OpenFOAM</li> <li>- Simulation turbulenter, inkompressibler Strömungen</li> <li>- Simulation kompressibler, reibungsfreier und reibungsbehafteter Strömungen</li> <li>- Programmierung von Löser-Erweiterungen</li> </ul> <p>Die Übung im Teil 1 wird durch Programmierung von Matlab Programmen begleitet, im Teil 2 wird die Bedienung von OpenFOAM vermittelt.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Studierende die die Vorlesung erfolgreich besucht haben:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kennen die Stärken und Schwächen numerischer Verfahren im Kontext der Strömungssimulation</li> <li>2. Sind in der Lage numerische Verfahren angepasst an die Problemstellung auszuwählen</li> <li>3. Erwerben Verständnis für Quellen numerischer Fehler die für strömungsmechanische Probleme besonders wichtig sind</li> <li>4. Verstehen die Methoden und sind in der Lage einfache Programme zur Lösung partieller Differentialgleichungen mit einer höheren Programmiersprache zu erstellen</li> <li>5. Können komplexe CFD Programme anwenden um technische Probleme zu Simulieren</li> <li>6. Können die Software OpenFOAM installieren und anwenden</li> <li>7. Können selbstständig einfache Löser-Erweiterungen für OpenFOAM programmieren</li> </ol>

### Description / Content English

The lecture teaches detailed understanding of numerical methods for simulation of fluid flows (CFD, computational fluid dynamics). Main topics are split in two parts:

Part 1: mathematical basics of numerics for transport- and conservation-equations

- Interpolation methods, numerical differentiation and integration
- Finite volume discretisation of convective and diffusion fluxes, time integration methods
- Pressure-velocity coupling
- 3-D CFD, simulation of turbulent flows using Reynolds-averaged equations, large-eddy simulation (LES) of turbulence

Part 2: Introduction to fluid flow simulation with OpenFOAM

- Integration of CFD in the CAE process, basic concepts of OpenFOAM
- Simulation of turbulent, incompressible flows
- Simulation of compressible, viscous and inviscid flows
- Introduction to high-level programming with OpenFOAM

The tutorial seminar of Part 1 requires writing of Matlab programs. Tutorial seminar of Part 2 teaches the usage of OpenFOAM.

### Learning objectives / skills English

Students which attended the lecture:

1. Are aware of strengths and weaknesses of numerical schemes in the context of flow simulation
2. Are capable to choose the adequate numerical methods for a particular flow problem
3. Learned to understand the sources of numerical errors, especially their importance in context of flow simulation
4. They understand the numerical methods and their computational implementation; they are capable to write simple programs for solution of partial differential equations using a high level programming language
5. They can apply complex CFD software for solution of practical flow problems
6. Can install and use OpenFOAM
7. Are capable to write simple solver extensions using the OpenFOAM library functions

### Literatur

Lecture slides, über Moodle zur Verfügung gestelltes Material

Modulname laut Prüfungsordnung			
Plastomechanik und Umformverfahren			
Module title English			
Theory of Plasticity and Forming Mechanism			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Plastomechanik und Umformverfahren			
Course title English			
Theory of Plasticity and Forming Mechanism			
Verantwortung			Lehreinheit
Deike, Rüdiger; Overhagen, Christian			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
In dieser Vorlesung werden die umformenden Fertigungsverfahren und die für sie relevanten Berechnungsmethoden behandelt. Auf der Basis der Elementaren Plastomechanik werden die Warm- und Kaltwalzverfahren zur Herstellung von Blechen und Bändern, ihrer Weiterverarbeitung durch Kaltwalzen und Oberflächenveredeln behandelt. Es folgen die Verfahren zur Berechnung der Massivumformverfahren sowie die Durchdrück- und Durchziehverfahren für Vollquerschnitte, Rohre und Profile. Die Anwendung höherer Rechenverfahren der Plastomechanik wird am Beispiel der Gleitlinientheorie und der Schrankenverfahren behandelt.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden können Umformverfahren und ihre zugehörigen Berechnungsmethoden sowohl der elementaren als auch der höheren Plastomechanik einschätzen und anwenden.

Description / Content English
Content of the lecture are the calculation methods for metal forming processes. Based on the slab method hot and cold rolling is explained followed by advanced methods of plasticity as slip line theory and boundary methods.
Learning objectives / skills English
The students are able to use basic slab methods for calculation of forming processes as well as methods of higher plasticity.

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

H. Pawelski, O. Pawelski; Technische Plastomechanik, Kompendium und Übungen; Verlag Stahleisen, Düsseldorf, 2000  
A. R. Boer, N. Rebelo, H. Rydstad, G. Schröder; Process modelling of metal forming and thermomechanical treatment; Springer-Verlag, Berlin, 1986  
W. Johnson, P. B. Mellor; Engineering plasticity; van Nostrand Reinhold Comp., London, 1978  
R. Hill; The mathematical theory of plasticity; Oxford at the Clarendon Press, 1983  
H. Ismar, O. Mahrenholtz; Technische Plastomechanik; Vieweg Verlag, Braunschweig, 1980  
P. Hartley, I. Pillinger, C. Sturgess; Numerical Modelling of Material Deformation Processes; Springer-Verlag, London, 1992  
G. W. Rowe, C.E.N. Sturgess, P. Hartley, I. Pillinger; Finite-Element Plasticity and Metal Forming Analysis; Cambridge University Press, Cambridge, 1991  
S. Kobayashi, S.-I. Oh, T. Altan; Metal Forming and the Finite-Element Method; Oxford University Press, Oxford, 1989  
D.R.J. Owen, E. Hinton; Finite Elements in Plasticity; Pineridge Press Ltd., Swansea, 1980

Modulname laut Prüfungsordnung			
Produktionstechnik			
Module title English			
Production Technology			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Produktionstechnik			
Course title English			
Production Technology			
Verantwortung			Lehreinheit
Kleszczynski, Stefan			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	D	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
PC Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Das übergeordnete Ziel der Produktionstechnik ist die Optimierung der Produktion. Dabei werden bereits bestehende Konzepte überarbeitet, neue Strategien eingeführt und Synergien genutzt. Der technische Bereich gliedert sich in einen ausführenden und in einen theorieorientierten Teil. Der ausführende Teil umfasst die Angebotserstellung und -bearbeitung, die Konstruktion, die Arbeitsvorbereitung und die Fertigung und Montage. Der theorieorientierte Teil beschäftigt sich mit den Unternehmensphilosophien, der Organisation und dem Management, der Auftragsabwicklung / dem Auftragsmanagement und den Produktionsstrategien. Eine Methodik im Bereich der Produktionstechnik stellt die Simulation dar, mit deren Hilfe Prozesse analysiert und verbessert werden können.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind fähig, das Ziel der Produktionstechnik aufzuzeigen und methodische Vorgehensweisen zur Umsetzung zu beschreiben. Die Studierenden sind in der Lage, die theoretischen Inhalte der Produktionstechnik anzuführen. Die Studierenden können den ausführenden Teil der Produktionstechnik erläutern und die Verbindung zur anwendenden Praxis herstellen.

Description / Content English
The main aim of the production technology is the optimization of production processes. Pre-existing concepts are revised, new strategies are introduced and synergy effects are used. The technical field is divided into executive and theory-based components. The executive part contains proposal preparation and quotation processing, design, production planning, manufacturing and assembly. The theory-based component deals with business strategies, organization and management, task procedure and management, as well as production strategies. One tool of production technology is the simulation. By means of this tool, technology processes can be analyzed and revised.
Learning objectives / skills English

The students are able to identify the purpose of the production technology and to describe the proceeding for implementation. They can present the theoretical contents of the production technology. The students get the ability to illustrate the executive part of the production technology and to connect it to practical applications.

### **Literatur**

Eversheim, W.: Organisation in der Produktionstechnik, Band 1-4. VDI-Verlag Düsseldorf, 1998

Modulname laut Prüfungsordnung			
Prozesssimulation in der Metallurgie und Umformtechnik			
Module title English			
Process Simulation in Metallurgy and Metal Forming			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Prozesssimulation in der Metallurgie und Umformtechnik			
Course title English			
Process Simulation in Metallurgy and Metal Forming			
Verantwortung			Lehreinheit
Martin, Robert			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 oder Mündliche Prüfung			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Erstellung simulationsgerechter Prozess-Modelle, numerische Methoden zur Lösung von gewöhnlichen und partiellen DGL, Simulation metallurgischer Prozesse und Prozesse der Umformtechnik an ausgewählten Beispielen.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden lernen, metallurgische Prozesse und Prozesse der Umformtechnik in simulationsfähige Modelle umzusetzen. Ferner können sie die Simulationsergebnisse zielgerecht analysieren. Sie sind in der Lage, geeignete mathematische Methoden auszuwählen und anzuwenden.

Description / Content English
Generation of simulateable process models, numerical methods for solving ordinary and partial differential equations, simulation of metallurgical processes and simulation of metal forming processes by means of suitable examples.
Learning objectives / skills English
The students are able to transfer metallurgical processes and processes of metal forming in simulateable models. Furthermore, they can analyze simulation results purposeful. They select appropriate mathematical methods and apply these in a proper way.

Literatur
Skript zur Veranstaltung



Modulname laut Prüfungsordnung			
Reactive Flows			
Module title English			
Reactive Flows			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Reactive Flows			
Course title English			
Reactive Flows			
Verantwortung			Lehreinheit
Schulz, Christof			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	E	
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Studienleistung			
Prüfungsleistung			
Klausur			
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Reaktive Strömungen spielen eine große Rolle in technischen Prozessen zur Energiegewinnung und Materialsynthese und werden in zahlreichen technischen Anlagen eingesetzt. Ein zentrales Element ist die Kopplung von Fluidodynamik, chemischer Reaktion sowie Stoff- und Wärmeübergang. Zum Verständnis derartiger Prozesse wird die chemische Thermodynamik und die chemische Kinetik herangezogen. Darüber hinaus ist die Interaktion zwischen Reaktion und Strömung in Gasphasenprozessen mit großem Energieumsatz von großer Bedeutung. Hochtemperaturreaktionen erfordern das Verstehen von Radikalreaktionen und Reaktionsmechanismen.</p> <p>1 Einleitung  2 Ergebnisse der chemischen Thermodynamik  3 Kinetik homogener und heterogener Reaktionen  4 Allgemeine Flammenerscheinungen und verbrennungstechnische Kenngrößen  5 Theoretische Beschreibung von reaktiven Strömungen  6 Verbrennungswellen in homogenen, vorgemischten Gasen</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sind in der Lage die thermodynamischen und kinetischen Aspekte von Gasphasenreaktionen bei hohen Temperaturen zu erklären und zu bewerten.</p>

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

Reactive flows play a major role in technical processes for energy generation and material synthesis and are used in numerous technical plants. A central element is the coupling of fluid dynamics, chemical reaction and mass and heat transfer. The understanding of these processes strongly relies on chemical thermodynamics and chemical kinetics. The interaction between reaction and fluid flow is of special interest in reactive gas-phase processes with strong energy release. High temperature gas-phase reactions require the fundamental understanding of radical reactions and complex reaction schemes.

1 Introduction

2 Results of Chemical Thermodynamics

3 Kinetics of Homogeneous and Heterogeneous Reactions

4 General flame phenomena and parameters of combustion technology

5 Theoretical description of reactive flows

6 Combustion waves in homogeneous premixed gases

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

The students learn to explain and critically review the thermodynamical and kinetics background of high-temperature gas-phase reactions.

### **Literatur**

Grundlagen (Thermodynamik, Kinetik): Lehrbücher der Physikalischen Chemie, z.B.

P.W. Atkins, Physikalische Chemie, VCH

Verbrennung // Combustion

J. Warnatz, U. Maas, R.W. Dibble, Verbrennung, Springer, 2001

Chemically Reacting Flow

R.J. Kee, M.E. Coltrin, P. Glarborg; Wiley-Interscience, 2003

Modulname laut Prüfungsordnung			
Rechnerintegrierte Produktentwicklung (CAE)			
Module title English			
Computer Aided Engineering (CAE)			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Rechnerintegrierte Produktentwicklung (CAE)			
Course title English			
Computer Aided Engineering (CAE)			
Verantwortung			Lehreinheit
Nagarajah, Arun			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
Im Rahmen der Lehrveranstaltung „Rechnerintegrierte Produktentwicklung“ werden zunächst aktuelle Herausforderungen der Produktentwicklung und informationstechnische Aspekte zur Unterstützung des Produktentstehungsprozesses behandelt. Anschließend werden rechnerbasierte Methoden, wie modellbasierte Systementwicklung und Produktdatenmanagement zur Optimierung von Entwicklungsprozessen vermittelt. Darüber hinaus werden Grundlagen und Anwendung des Projektmanagements für die Durchführung von Entwicklungsprojekten den Studierenden dargelegt. In den Übungen wird die praxisnahe Anwendung mit geeigneten Engineering-Tools vertieft.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Lernziele sind die Vermittlung grundlegender Kenntnisse der rechnergestützten Produktentwicklung unter Anwendung entsprechender Tools. Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, für abgegrenzte Entwicklungsaufgaben Projektplanungen durchzuführen, entsprechende Prozesse und Produktstrukturen aufzubauen und die Strukturen mit der Modellierungssprache SysML zu beschreiben.

Description / Content English
The objective of the „Computer Aided Engineering“ course is to impart the necessary knowledge for current challenges of product development and how to master these challenges with methods from computer sciences. Subsequently, computer-based methods, such as model-based system development and product data management, are imparted to optimize the development process. In addition, the basics and application of project management for the implementation of development projects are presented to the students. In the exercises, the practical application is deepened with suitable engineering tools.
Learning objectives / skills English
Learning objectives are the teaching of basic knowledge of computer-aided product development using appropriate tools. After attending the course, the students are able to carry out project planning for delimited development tasks, to set up corresponding processes and product structures and to describe the structures with the modeling language SysML.

## Literatur

Vorlesungsfolien (pdf-Dateien)

Modulname laut Prüfungsordnung			
Recycling of Oxidic and Metallic Materials			
Module title English			
Recycling of Oxidic and Metallic Materials			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Recycling of Oxidic and Metallic Materials			
Course title English			
Recycling of Oxidic and Metallic Materials			
Verantwortung			Lehreinheit
Deike, Rüdiger			MB
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>Mit Kriterien wie Rohstoffeffizienz und Energieproduktivität werden die Rahmenbedingungen für die technologische Entwicklung der Zukunft definiert. Die Veränderungen im Bereich der Verfügbarkeit sich nicht regenerierender Rohstoffe für die Produktion von Metallen wird unter Ressourcen und Kostengesichtspunkten dargestellt. Auf der Basis dieser Entwicklungen werden Abfallstoffe (Filterstäube, Schlämme usw.) in ihrer Zusammensetzung und ihrem mengenmäßigen Aufkommen diskutiert. Verfahren zur Extrahierung von Wertstoffen (z.B. Zink, Nickel usw.) aus diesen Konzentraten werden beschrieben. Dabei wird auf die metallurgischen Besonderheiten eingegangen, die in vielen Fällen die Entwicklungen komplexer Verfahrenstechniken bei hohen Temperaturen notwendig machen.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sind in der Lage zu beurteilen, welche Probleme beim Recycling von oxidischen (z.B. Filterstäube) im Vergleich zu metallischen (z.B. Schrott) Reststoffen existieren und welche Arten von Anlagen notwendig sind, um einen Recyclingprozess ökonomisch und ökologisch sinnvoll gestalten zu können.</p>

Description / Content English
<p>Raw material and energy productivity are important items for future developments. The changes in non-sustainable raw material markets for the production of metals are discussed under technical and economic aspects. The composition and the produced tonnages of typical waste materials from the iron and steel industry and the processes to extract valuable raw materials from waste materials are described. The lecture focuses on the metallurgical problems of the mainly high temperature processes.</p>
Learning objectives / skills English
<p>The students are able to understand and to evaluate the problems that do exist, if waste oxides in comparison to metallic waste materials are recycled. The students are qualified to describe the different requests that must be fulfilled, if recycling processes should run successful under economic and ecological conditions.</p>

## Literatur

Förstner, U.: Umweltschutztechnik, Springer 1995

Schlacken in der Metallurgie, GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik, Clausthal-Zellerfeld 1999

Koch, K.; Janke, D.: Schlacken in der Metallurgie, Verlag Stahleisen GmbH, 1984,

Turkdogan, E.T.: Physicochemical properties of molten slags and glasses, The Metals Society, 1983

Richardson, F.D.: Physical Chemistry of Melts in Metallurgy (Vol 1 and 2) Academic Press, London and New York, 1974

Modulname laut Prüfungsordnung			
Solare Energiesysteme			
Module title English			
Solar Energy Systems			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Solare Energiesysteme			
Course title English			
Solar Energy Systems			
Verantwortung			Lehreinheit
Hoster, Harry; Mahlendorf, Falko			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>In der Vorlesung wird die Bandbreite der thermischen und photovoltaischen Nutzung der Sonnenenergie vorgestellt. Nach einer Diskussion der Grundlagen des solaren Strahlungsangebotes (Physikalische Grundlagen der Strahlung, Strahlungsbilanzen, Himmelsstrahlung, Globalstrahlung, Messung solarer Strahlungsenergie) werden Niedertemperaturkollektoren, konzentrierende Kollektoren und die solarthermische Stromerzeugung in Farm- und Towerkraftwerken behandelt. Einen weiteren Schwerpunkt bildet das Thema der photovoltaischen Stromerzeugung mit einer Einführung in das Bändermodell der Elektronen im Festkörper, des Aufbaus, der Funktionsweise und des Wirkungsgrads von Silizium-Solarzellen, Dünnschichtsolarzellen und kompletten Solarzellensystemen. Der erreichte Stand der Technik sowie technische und wirtschaftliche Potentiale der Solarthermie und Photovoltaik werden ebenfalls erörtert.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Der Studierende versteht die Prinzipien der energetischen Nutzung von Solarenergie, kennt den technischen Aufbau und den Wirkungsgrad verschiedener Solaranlagen und kann das technische und wirtschaftliche Potential der Nutzung der Solarenergie einschätzen.</p>

Description / Content English
<p>Focus of the lecture is the thermal and photovoltaic use of solar energy. Topics are the potential of solar radiation and its physical fundamentals, radiation balances, total radiation and measurement of solar irradiation. The conversion of solar radiation into thermal energy by thermal collectors, like flat collectors and concentrating collectors, the generation of high temperature heat by solar farm and tower power plants will be explained. Photovoltaic generation of electricity is the second main topic, the energy band model of semiconductors, the functional principle of silicon solar cells, including construction principles, manufacturing and efficiency will be presented. Important is as well the optimization potential, thin film solar cells, other semiconductors, photovoltaic system technology. Finally, the technical and economical potential of thermal and photovoltaic use of solar energy will be discussed.</p>
Learning objectives / skills English

The student understands the principles of energetic use of solar energy, knows technical details about construction and efficiency of conversion devices for solar energy (solar thermal collectors and PV) and is able to judge the technical and economical potential of solar energy use.

### Literatur

- Adolf Goetzberger, Volker Wittwer, „Sonnenenergie – Thermische Nutzung“, Teubner Studienbücher
- Adolf Goetzberger, Bernhard Voß, Volker Wittwer, „Sonnenenergie: Photovoltaik“, Teubner Studienbücher
- Martin Kaltschmitt, Andreas Wiese, „Erneuerbare Energien“, Springer Verlag
- Manfred Kleemann, Michael Meliß, „Regenerative Energiequellen“, Springer Verlag
- Konrad Mertens, „Photovoltaik“, Carl Hanser Verlag
- Volker Quaschnig, „Regenerative Energiesysteme“, Hanser Verlag



Modulname laut Prüfungsordnung			
Testing of Metallic Materials			
Module title English			
Testing of Metallic Materials			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Testing of Metallic Materials			
Course title English			
Testing of Metallic Materials			
Verantwortung			Lehreinheit
Deike, Rüdiger; Overhagen, Christian			MB
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	
5	WiSe	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>Inhalt dieses Moduls sind die Verfahren und Methoden zur Prüfung metallischer Werkstoffe. Ausgehend vom kristallinen Aufbau metallischer Werkstoffe und den Ursachen metallischer Plastizität werden die Grundversuche zur Bestimmung der Festigkeit und Zähigkeit bei statischer und dynamischer Belastung behandelt.</p> <p>Besonderes Augenmerk wird auf die Bestimmugn von Werkstoffparametern für umformtechnische Berechnungen und Simulationen gelegt. Daher ist die Aufnahme und mathematische Beschreibung von Warm- und Kaltfließkurven ein wichtiger Inhalt der Vorlesung. Daneben werden folgende mechanische Werkstoffprüfversuche behandelt:</p> <p>Zugversuch  Stauchversuch  Biegeversuch  Torsionsversuch  Flachzugversuch und Prüfung von Blechwerkstoffen</p> <p>Außerdem werden in der Vorlesung die mechanischen Eigenschaften von gekerbten Bauteilen behandelt.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden wissen, das geeignete Testverfahren zur Ermittlung eines Werkstoffkennwerts auszuwählen, bzw. die Ergebnisse der verschiedenen Prüfverfahren hinsichtlich ihrer Aussagekraft zu beurteilen.</p> <p>Die Studierenden kennen die Grenzen der Anwendbarkeit der verschiedenen Prüfverfahren für verschiedene Werkstoffe und können die Fehlermöglichkeiten richtig einschätzen.</p>

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

The content of this module focuses on the procedures and methods used to test metallic materials. Based on the crystalline construction of metallic materials and the causes of metallic plasticity, fundamental attempts to determine the stability and tenacity in static and dynamic loads will be outlined.

Special attention is paid to the determination of material parameters for forming calculations and simulations. Therefore, the recording and mathematical description of hot and cold flow curves is an important content of the lecture. In addition, the following mechanical materials testing tests are covered:

Tensile test

Compression test

Bending test

Torsion test

Flat tensile test and testing of sheet materials

The lecture also covers the mechanical properties of notched components.

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

The student knows the destructive and non-destructive tests for metallic materials and their results for strength and toughness for metallic materials.

### **Literatur**

Schmidt, Werner M; Dietrich, Hermann; Praxis der mechanischen Werkstoffprüfung; Expert Verlag, Esslingen, 1999, Band 585; ISBN 3-8169-1612-0

Pöhlendt, K.; Werkstoffprüfung für die Umformtechnik; Springer Verlag, Berlin, 1986; ISBN 3-540-16722-6

Blumenauer, Horst; Werkstoffprüfung; Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart, 1994; ISBN 3-342-00547-5

Weiler, Wolfgang W.; Härteprüfung an Metallen und Kunststoffen; Expert Verlag, Esslingen, 1998, Band 155; ISBN 3-8169-0552-8

Steeb, Siegfried; Zerstörungsfreie Werkstück- und Werkstoffprüfung; Expert Verlag, Esslingen, 1993, Band 243; ISBN 3-8169-0964-7

Bergmann, Wolfgang; Werkstofftechnik 2 – Werkstoffherstellung – Werkstoffverarbeitung – Werkstoffanwendung; Hanser Verlag, München, 2002; ISBN 3-446-21639-1

Shackelford, James F.; Werkstofftechnologie für Ingenieure; Pearson Studium Verlag, München, 2005; ISBN 3-8273-7159-7

Modulname laut Prüfungsordnung				
Thermische Verfahrens- und Prozesstechnik				
Module title English				
Thermal Process Engineering				
Kursname laut Prüfungsordnung				
Thermische Verfahrens- und Prozesstechnik				
Course title English				
Thermal Process Engineering				
Verantwortung				Lehreinheit
Bathen, Dieter; Pasel, Christoph; Bläker, Christian				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
<ol style="list-style-type: none"> <li>Einführung</li> <li>Thermische Grundoperationen (Mehrkomponenten-Systeme und komplexe Designs) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verdampfung und Kondensation</li> <li>- Destillation und Rektifikation</li> <li>- Extraktion</li> <li>- Absorption und Strippung</li> <li>- Adsorption und Desorption</li> <li>- Kristallisation</li> </ul> </li> <li>Synthese von verfahrenstechnischen Prozessen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Systematik der Prozessentwicklung</li> <li>- Synthese von Trennsequenzen</li> <li>- Energieintegration (Pinch-Analyse)</li> <li>- Prozessoptimierung</li> </ul> </li> <li>Modellierung und Simulation verfahrenstechnischer Prozesse <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stoffdaten für verfahrenstechnische Prozesse</li> <li>- Thermodynamische Modellierung</li> </ul> </li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>Einfache Stufenmodelle</li> <li>Komplexe thermodynamische Modelle <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stationäre Simulation</li> <li>- Dynamische Simulation</li> </ul> </li> </ol>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden kennen im Detail alle thermischen Trennverfahren, sowohl Standard-Apparate und -Einbauten als auch Sonderbauformen. Sie sind in der Lage, für ein gegebenes Trennproblem ein geeignetes Verfahren auszuwählen und detailliert auszulegen. Neben thermischen Gleichgewichtsmodellen berücksichtigen sie dabei kinetische Effekte. Sie sind befähigt, systematisch auch komplexe Trennsequenzen und verfahrenstechnische Prozesse zu entwickeln und wirtschaftlich/energetisch zu optimieren. Ergänzend haben sie ein grundlegendes Verständnis für die Modellierung und computergestützte Simulation thermischer Trennprozesse. Sie sind in der Lage, neben stationären Prozessen dynamische Prozesse wie Anfahrvorgänge zu modellieren und zu simulieren. Thermodynamische Modelle zur Berechnung der notwendigen Stoffdaten werden sicher beherrscht. Die Funktionsweise und der theoretische Hintergrund der in der chemischen Industrie verwendeten Software zur Simulation verfahrenstechnischer Prozesse sind bekannt.

### Description / Content English

1. Introduction
2. Thermal Unit Operations (multi-component and complex designs)
  - Evaporation and Condensation
  - Distillation and Rectification
  - Extraction
  - Absorption and Stripping
  - Adsorption and Desorption
  - Crystallisation
3. Synthesis of Chemical Processes
  - Systematics of Process Development
  - Synthesis of Separation Sequences
  - Energy Integration (Pinch-Analysis)
  - Process Optimisation
4. Modelling and Simulation of Chemical Processes
  - Thermophysical Properties for Chemical Processes
  - Thermodynamic Modelling
- I. Simple Stage Models
- II. Complex Thermodynamic Models
  - Steady-State Simulation
  - Dynamic Simulation

### Learning objectives / skills English

The students know all thermal separation processes in detail, including standard equipment and internals as well as special configurations. They are able to select and design a suitable process for a given separation problem in detail. Beside thermal equilibrium models, kinetic effects are considered also. Students are qualified to systematically develop and optimise even complex separation sequences and chemical engineering processes considering economical and energetic aspects. In addition, the students have a basic understanding of modelling and computer-based simulation of thermal separation processes. They are able to model steady-state and dynamic processes, like start up processes. The use of thermodynamic models to estimate necessary thermophysical properties is managed precisely by them. Functionality and theoretical background of software used in the chemical industry for the simulation of chemical engineering processes are known by them.

### Literatur

- Klaus Sattler, Thermische Trennverfahren. Wiley-VCH, 3. Auflage (2001)  
Ulfert Onken, Arno Behr, Chemische Prozesskunde. Lehrbuch der Technischen Chemie, Band 3. Wiley-VCH (2006)  
J.D. Seader, E.J. Henley, Separation Process Principles. John Wiley & Sons, 2. Auflage (2006)  
R. Goedecke (Hrsg.), Fluidverfahrenstechnik. Wiley VCH Verlag (2006)

Modulname laut Prüfungsordnung			
Thermodynamik und Kinetik metallurgischer Reaktionen			
Module title English			
Thermodynamics and Kinetics of Metallurgical Reactions			
Kursname laut Prüfungsordnung			
Thermodynamik und Kinetik metallurgischer Reaktionen			
Course title English			
Thermodynamics and Kinetics of Metallurgical Reactions			
Verantwortung			Lehreinheit
Deike, Rüdiger			MB
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
Im Rahmen der Einführung in die Mischphasenthermodynamik werden partielle und integrale Größen von Mischungen im Detail am Beispiel der Tangentenmethode vorgestellt. Mit der Gleichung von Gibbs-Duhem wird beschrieben, wie sich die partiellen Größen in einer Mischung ändern. Enthalpieänderungen in Mischphasen werden am Beispiel des Legierens von Stahlschmelzen erläutert. Des Weiteren wird die Bedeutung und Berechnung von Aktivitäten in Mischphasensystemen behandelt. Systemänderungen werden unter variierenden Randbedingungen berechnet, die sich typischerweise unter betrieblichen Bedingungen ergeben. Die elementaren Transportvorgänge in heterogenen Phasen und an Phasengrenzflächen, die insbesondere bei der Phasenneubildung (z.B. dendritische Erstarrung) eine Rolle spielen, werden ausführlich vorgestellt.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind auf der Basis theoretischer Grundlagen fähig zu analysieren, wie sich mit veränderten Mischungen, wie sie z.B. durch das Legieren von Stahlschmelzen entstehen, Enthalpieänderungen einstellen. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage zu berechnen, ob Reaktionen zwischen metallischen Schmelzen, Schlacken, Festkörpern (z.B. Koks) sowie unterschiedlich zusammengesetzten Gasen bei hohen Temperaturen ablaufen, nach welchen Reaktionsgesetzen die Umsetzungen erfolgen und wie Reaktionsabläufe auf der Basis dieser Kenntnisse optimiert werden können.

Description / Content English
The behaviour of solutions is discussed on the basis of partial and integral variables, introduced by the tangent method. With the Gibbs-Duhem equation the changes of partial variables in an mixture are described. Enthalpy changes as the result of alloying steels are calculated. The thermodynamic activities of components in solutions are introduced and calculated. In this lecture chemical equilibria are analysed and process variations are calculated under typical varying conditions, which are known from real processes. The fundamentals of transport processes in heterogeneous phases and at phase boundaries are presented in detail.
Learning objectives / skills English

On the basis of theoretical fundamentals the students are able to analyse and to calculate the enthalpy changes when the composition of a mixture is changed, for example when liquid steel is alloyed. The students are able to analyse and to calculate if metallurgical reactions between melts, slags, solid particles and different composed gases take place or not. The students are qualified to examine and calculate equilibria under different pressure and temperature conditions. Rates and velocities of reactions, together with the corresponding laws which control the reactions, can be identified and analysed by the students. With this knowledge the students are able to optimize metallurgical processes.

### Literatur

Gaskell: Introduction to metallurgical thermodynamics, McGraw-Hill, 1981  
Lupis, C.H.P.: Chemical Thermodynamics of Materials, PTR Prentice-Hall Inc., 1983  
Bird, Stewart, Lightfoot : Transport Phenomena, J.Wiley, 1960  
Upadhyaya, G.S.; Dube, R.K.: Problems in Metallurgical Thermodynamics and Kinetics, Pergamon Press, Oxford New York,  
Oeters, F.: Metallurgie der Eisen und Stahlerzeugung, Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf 1989

Modulname laut Prüfungsordnung				
Turbulent Flows				
Module title English				
Turbulent Flows				
Kursname laut Prüfungsordnung				
Turbulent Flows				
Course title English				
Turbulent Flows				
Verantwortung				Lehreinheit
Kempf, Andreas Markus				MB
Kreditpunkte		Turnus		Sprache
5		WiSe		E
SWS Vorlesung		SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2		1		
Studienleistung				
Prüfungsleistung				
Mündliche Prüfung				
Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung				

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die Vorlesung ist eine Einführung in die Modellierung reibungsbehafteter, turbulenter Strömungen. Fluide bewegen sich in laminarer oder turbulenter Strömung. Die Bewegung laminarer Strömung kann exakt modelliert werden. Turbulente Strömungen, die für nahezu alle technischen Anwendungen relevant sind, sind auf Grund ihres stochastischen Charakters jedoch nur näherungsweise zu erfassen. Die Vorlesung analysiert die Struktur der turbulenten Strömungen, und baut darauf die Behandlung der wichtigsten Ansätze zu ihrer Modellierung und Berechnung. Folgende Inhalte werden vermittelt und diskutiert:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entstehung der Turbulenz</li> <li>2. Statistische Beschreibung der Turbulenz</li> <li>3. Struktur der turbulenten Strömungen</li> <li>4. Simulation der Turbulenz – LES und DNS</li> <li>5. Reynolds-gemittelte Gleichungen</li> <li>6. Ansätze zur Turbulenzmodellierung</li> <li>7. Kompressible turbulente Strömungen</li> </ol>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Studenten die die Vorlesung erfolgreich absolviert haben:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kennen die Strömungsformen unterscheiden und sind in der Lage Ursachen für turbulente Strömung in Apparaten und an Hindernissen zu erkennen</li> <li>2. Verstehen die mathematischen Grundlagen der Modellierung und können die Modelle bezüglich ihrer Anwendungsgebiete klassifizieren/auswählen</li> <li>3. Kennen die Stärken und Schwächen der Modelle und ihrer Implementierungen in Simulationsprogrammen</li> </ol>

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

This lecture provides an introduction into modeling of viscous, turbulent flows. Laminar and turbulent motion are the two types of fluid transport. While the laminar flow is easily described by the basic conservation laws and constitutive equations, turbulent flow in nearly every technically relevant application is of stochastic nature and requires further modeling and investigation. In this lecture, turbulent flows are analysed in order to derive the main concepts of turbulence modeling and simulation. The main topics are:

1. Formation of turbulence
2. Stochastic description of turbulence
3. Structure of a turbulent flow
4. Simulation of turbulent flows – LES and DNS
5. Reynolds averaged Navier-Stokes (RANS) equations
6. Closure models for RANS equations
7. Compressible turbulent flows

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

Students which attended the lecture:

1. Are capable to recognize the different flow types and are able to find sources of turbulence in internal and external flows
2. Understand the mathematical models of turbulence and can classify them according to the technical problem/application
3. Are aware of the strength and weaknesses of particular turbulence models and their implementation in a CFD software

#### **Literatur**

Recommended reading: Stephen B. Pope, Turbulent Flows, Cambridge University Press



<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Wärme- und Stoffübertragung			
<b>Module title English</b>			
Heat and Mass Transfer			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Wärme- und Stoffübertragung</b>			
<b>Course title English</b>			
Heat and Mass Transfer			
<b>Verantwortung</b>			<b>Lehreinheit</b>
Atakan, Burak			MB
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
<p>Im Rahmen dieser Vorlesung soll eine Einführung in die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten der Wärme- und Stoffübertragung gegeben werden, die in sehr vielen technischen Prozessen eine große Rolle spielen. Sie erlauben uns Vorhersagen zur Geschwindigkeit der Wärme- und Stoffübertragung und geben uns somit Mittel an die Hand, technische Anlagen auszulegen, bei denen die Wärmeübertragung eine Rolle spielt. Somit werden die Inhalte dieser Vorlesung in der Energie- und Verfahrenstechnik, aber nicht nur dort, benötigt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführung/ Konzepte</li> <li>- Wärmeleitung (stationär, instationär)</li> <li>- Konvektion (Grenzschichten, erzwungene/ freie Konvektion, überströmte Körper, durchströmte Körper)</li> <li>- Wärmeübertragung mit Phasenübergang (Sieden, Kondensieren)</li> <li>- Wärmeübertrager (Typen, Methoden der Auslegung)</li> <li>(- Wärmestrahlung )</li> <li>- Diffusion und Stoffübertragung</li> </ul>
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>

Aufbauend auf den thermodynamischen Grundlagen, sollen die Studierenden die Grundkonzepte der Wärme- und Stoffübertragung verstehen und anwenden können. Die Lehre der Wärme- und Stoffübertragung beschäftigt sich mit der Geschwindigkeit, mit der sich thermodynamische Gleichgewichte einstellen. Zunächst werden für jede Art der Wärme- und Stoffübertragung die physikalischen Grundlagen und Gleichungen besprochen, anhand exakter Lösungen oder empirischer Korrelationen, sollen die Studierenden die Lösung typischer (einfacher) Problemstellungen aus der Technik kennen lernen und in den Übungen selbstständig anwenden. Hierbei soll auch mathematische Software zur Lösung der partiellen Differentialgleichungen der Wärmeübertragung eingesetzt werden. Ziel ist es, dass die Studierenden für eine gegebene Problemstellung aus der Wärme- und Stoffübertragung, das Problem bezüglich der wichtigsten Prozesse klassifizieren und daraufhin die entsprechenden Gleichungen formulieren können. Die Studierenden sollen in der Lage sein, mögliche Vereinfachungen der Gleichungen (1D, stationär,...) zu erkennen und damit einfache Lösungswege zu finden. Die Analogie zwischen Wärmeleitwiderstand und elektrischen Widerständen soll verstanden worden sein ebenso wie das Konzept des Wärmedurchgangs. Für konvektive Wärmeübertragung soll der Studierende die analytischen Lösungen für einfache Problemstellungen verstehen und die Konzepte der Ähnlichkeitstheorie anwenden können, um damit Auslegungsrechnungen durchführen zu können. Die Analogie zwischen Problem der Wärme- und der Stoffübertragung sollen verstanden werden, ebenso wie die Grenzen. Der Studierende soll die Vor- und Nachteile verschiedener Wärmeüberträger kennen lernen, um eine rationelle Auswahl treffen zu können. Die Grundlagen der Wärmestrahlung und deren Anwendung auf einfache Problemstellungen sollen beherrscht werden.

### Description / Content English

The fundamentals of heat and mass transfer will be taught. Both being important in many technical processes within energy conversion and chemical engineering.

1. Introduction/Concepts
2. Conduction (stationary / instationary)
3. Diffusion
4. Convection (boundary layers, similarity, forced/free conv., flow around bodies, flow in channels)
5. Convection with phase change: boiling, condensation
6. Heat exchangers
- (7. Radiation)

### Learning objectives / skills English

The students will be able to decide, which mechanisms of heat and mass transfer will be important for a given situation. The students will be able to formulate the governing equations and decide if simplifications regarding dimensionality are possible and reasonable. Simple heat transfer problems can be solved using either similarity correlations, analytical solutions or numerical solutions. The analogy between heat and mass transfer will be thoroughly understood and heat exchangers calculations can be performed using the NTU method.

### Literatur

Polifke, Kopitz, Wärmeübertragung. Pearson Studium, München 2005

Frank P. Incropera, David P. DeWitt, Fundamentals of heat and mass transfer. 5th ed. New York; Chichester: Wiley 2002

Baehr, Hans Dieter; Karl Stephan, Wärme- und Stoffübertragung. 3. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer 1998

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>				
Waste Water Treatment				
<b>Module title English</b>				
Waste Water Treatment				
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>				
<b>Waste Water Treatment</b>				
<b>Course title English</b>				
Waste Water Treatment				
<b>Verantwortung</b>				<b>Lehreinheit</b>
Panglisch, Stefan				MB
<b>Kreditpunkte</b>		<b>Turnus</b>		<b>Sprache</b>
5		WiSe		E
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>		<b>SWS Seminar</b>
2	2			
<b>Studienleistung</b>				
<b>Prüfungsleistung</b>				
Klausur oder Mündliche Prüfung				
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>				
<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>				

**I. Einführung in die Terminologie und die Geschichte der Abwassertechnik.**

Ziele: Vermittlung von Grundkenntnissen zur Terminologie und historischen Entwicklung der Abwassertechnik, Sensibilisierung für zukünftige Herausforderungen.

Inhalte: Historischer Rückblick und Motivation zur Abwassertechnik, zukünftige Herausforderungen in der Abwassertechnik.

**II. Grundlagen der städtischen Entwässerung.**

Ziele: Verstehen der Prinzipien und Methoden der städtischen Entwässerung.

Inhalte: Konzepte und Strategien der städtischen Entwässerung.

**III. Zusammensetzung und Menge von Abwasser.**

Ziele: Kenntnisse über die Charakteristika und Standards von Abwasser erlangen.

Inhalte: Analysemethoden von Abwasser, typische Konzentrationen, Abwasserstandards und -vorgaben.

**IV. Grundlegende mechanische Behandlungsverfahren.**

Ziele: Fähigkeiten zur Anwendung und Dimensionierung mechanischer Abwasserbehandlungstechniken entwickeln.

Inhalte: Siebverfahren, verschiedene Formen der Sedimentation und Flotation, Dimensionierung von Sieben, Sandfang und Vorklärbecken.

**V. Grundlegende biologische und chemische Behandlungsverfahren.**

Ziele: Verstehen und Anwenden biologischer und chemischer Verfahren zur Abwasserbehandlung.

Inhalte: Grundlagen des Belebtschlammverfahrens, biologische N- und P-Elimination, chemische Fällung, Grundlagen der Belüftung, Abwasserkalkulation, Massenbilanzen in der Abwasserbehandlung, Dimensionierung biologischer Abwasserbehandlungsanlagen (nach DWA-A131), Membranbioreaktoren (MBRs), Abwasserqualitätsstandards in Deutschland.

**VI. Schlammbehandlung; Verfahren und Ziele der Schlammbehandlung.**

Ziele: Erkennen der Bedeutung und Anwendung verschiedener Schlammbehandlungsstrategien.

Inhalte: Zielsetzungen der Schlammbehandlung, Eindickung, Stabilisierung (aerob und anaerob), Entwässerung und Konditionierung, thermisches Trocknen und Verbrennung, P-Rückgewinnung, Grundlagen der Faulbehältergestaltung, Behandlung von Schlammwasser.

**VII. Motivation und Verfahren der erweiterten Abwasserbehandlung.**

Ziele: Verstehen der Notwendigkeit und Methoden der erweiterten Abwasserbehandlung.

Inhalte: Gründe für eine erweiterte Abwasserbehandlung, gängige Methoden: Aktivkohle, Ozon und Membrantechnologie.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Studierenden erhalten eine fundierte Einführung in die Terminologie und Geschichte der Abwassertechnik, wodurch sie nicht nur die historische Entwicklung, sondern auch die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen dieses Fachbereichs verstehen. Durch das Studium der städtischen Entwässerung erwerben sie Kenntnisse über die Prinzipien und Methoden, die dahinter stehen. Des Weiteren werden sie mit den Charakteristika und Standards von Abwasser vertraut gemacht, wobei sie die Analysemethoden, typischen Konzentrationen und geltenden Vorgaben kennenlernen. Die Studierenden entwickeln Fähigkeiten in der Anwendung und Dimensionierung von mechanischen Abwasserbehandlungstechniken und vertiefen ihr Wissen über grundlegende biologische und chemische Behandlungsverfahren. Hierzu gehören das Belebtschlammverfahren, die biologische N- und P-Elimination und chemische Fällungsprozesse. Darüber hinaus lernen sie die Bedeutung der Schlammbehandlung kennen und wie verschiedene Schlammbehandlungsstrategien angewendet werden, einschließlich der verschiedenen Techniken wie Eindickung, Stabilisierung, Entwässerung und P-Rückgewinnung. Schließlich werden sie mit der Motivation und den Methoden der erweiterten Abwasserbehandlung vertraut gemacht, wobei sie die Rolle von Aktivkohle, Ozon und Membrantechnologie in diesem Prozess verstehen.

**Description / Content English**

**I. Introduction to the terminology and history of wastewater engineering.**

Objectives: To provide basic knowledge of the terminology and historical development of wastewater technology, to raise awareness of future challenges.

Contents: Historical review and motivation for wastewater technology, future challenges in wastewater technology.

**II. basics of urban drainage.**

Objectives: To understand the principles and methods of urban drainage.

Contents: Concepts and strategies of urban drainage.

**III. composition and quantity of wastewater.**

Objectives: To gain knowledge of the characteristics and standards of wastewater.

Contents: Methods of analysis of wastewater, typical concentrations, wastewater standards and specifications.

**IV. Basic mechanical treatment processes.**

Objectives: To develop skills in the application and sizing of mechanical wastewater treatment techniques.

Contents: Screening processes, different forms of sedimentation and flotation, sizing of screens, grit chambers and primary sedimentation tanks.

**V. Basic biological and chemical treatment processes.**

Objectives: Understanding and applying biological and chemical processes for wastewater treatment.

Contents: Basics of the activated sludge process, biological N and P elimination, chemical precipitation, basics of aeration, wastewater calculation, mass balances in wastewater treatment, dimensioning of biological wastewater treatment plants (according to DWA-A131), membrane bioreactors (MBRs), wastewater quality standards in Germany.

**VI. sludge treatment; methods and objectives of sludge treatment.**

Objectives: To recognise the importance and application of different sludge treatment strategies.

Contents: Objectives of sludge treatment, thickening, stabilisation (aerobic and anaerobic), dewatering and conditioning, thermal drying and incineration, P-recovery, principles of digester design, treatment of sludge water.

**VII. motivation and processes of advanced wastewater treatment.**

Objectives: To understand the need and methods of advanced wastewater treatment.

Contents: Reasons for advanced wastewater treatment, common methods: Activated carbon, ozone and membrane technology.

**Learning objectives / skills English**

Students gain a sound introduction to the terminology and history of wastewater engineering, enabling them to understand not only the historical development but also the current and future challenges of this field. Through the study of urban drainage, they will gain knowledge of the principles and methods behind it. Furthermore, they become familiar with the characteristics and standards of wastewater, learning about analytical methods, typical concentrations and applicable specifications. Students develop skills in the application and dimensioning of mechanical wastewater treatment techniques and deepen their knowledge of basic biological and chemical treatment processes. This includes the activated sludge process, biological N and P elimination and chemical precipitation processes. They will also learn about the importance of sludge treatment and how different sludge treatment strategies are applied, including the different techniques such as thickening, stabilisation, dewatering and P recovery. Finally, they are introduced to the motivation and methods of advanced wastewater treatment, understanding the role of activated carbon, ozone and membrane technology in this process.

**Literatur**

Kunz, Peter; Behandlung von Abwasser; 4. überarbeitete Auflage – Würzburg: Vogel, ISBN 3-8023-1562-6, 1995

Water Treatment Handbook, Volume 1 and 2; Degrémont, 7th English Edition, ISBN 978-2-7430-0970-0, 978-1-84585-005-0, 2007

Sperling, M.; Biological Wastewater Treatment Series: Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal, Volume 1; IWA Publishing London, New York, ISBN 1 84339 161 9, 2007

Sperling, M.; Biological Wastewater Treatment Series: Basic Principles of Waste Water Treatment, Volume 2; IWA Publishing London, New York, ISBN 1 84339 162 7, 2007

Vesilind, P. A.; Rooke, R. L.; Wastewater Treatment Plant Design; Water Environment Federation 2003, IWA Publishing London, New York; ISBN 10 1-84339-024-8, ISBN 13 978-1-84339-024-4, Reprinted 2009

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>				
Water Treatment 1				
<b>Module title English</b>				
Water Treatment 1				
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>				
<b>Water Treatment 1</b>				
<b>Course title English</b>				
Water Treatment 1				
<b>Verantwortung</b>				<b>Lehreinheit</b>
Panglisch, Stefan				MB
<b>Kreditpunkte</b>		<b>Turnus</b>		<b>Sprache</b>
5		WiSe		E
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>		<b>SWS Seminar</b>
2	2			
<b>Studienleistung</b>				
<b>Prüfungsleistung</b>				
Klausur oder Mündliche Prüfung				
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>				
<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>				

Das Fach „Water Treatment 1“, beschreibt konventionelle Technologien zur Trinkwasseraufbereitung. Der Kurs gibt den Studierenden eine solide Grundlage zur Erkennung von Prozesseinheiten, zur Beschreibung ihrer Funktion und zur Durchführung von grundlegenden Berechnungen für den vorläufigen Entwurf einer Trinkwasseraufbereitungsanlage. Mit diesem Modul erwerben die Studierenden ein umfassendes Wissen über die Grundlagen und Techniken der konventionellen Trinkwasseraufbereitung. Das übergeordnete Ziel ist es, die Studierenden in die Lage zu versetzen, die verschiedenen Aspekte der Wasseraufbereitung zu verstehen und effektiv in der Praxis anzuwenden.

**1. Wasserinhaltsstoffe**

**Ziele:** Grundlegendes Verständnis der verschiedenen in Wasser vorhandenen Bestandteile und ihrer Bedeutung für die Wasseraufbereitung.

**Inhalte:** Charakterisierung der physikalischen, chemischen und biologischen Bestandteile von Wasser; Bedeutung dieser Bestandteile im Hinblick auf Wasseraufbereitungsverfahren.

**2. Wasser in urbanen Systemen**

**Ziele:** Verständnis der spezifischen Herausforderungen und Problematiken von Wasser in städtischen Umgebungen.

**Inhalte:** Einfluss von städtischen Aktivitäten auf die Wasserqualität; typische Verunreinigungen in städtischen Wassersystemen und ihre Quellen.

**3. Aufbereitung von Trinkwasser**

**Ziele:** Kenntnisse über gängige Verfahren und Techniken zur Trinkwasseraufbereitung.

**Inhalte:** Verschiedene Stufen der Trinkwasseraufbereitung; Methoden zur Behandlung und Verbesserung der Wasserqualität; Technologien und ihre Anwendungsbereiche.

**4. Sedimentation**

**Ziele:** Verständnis für die Grundlagen und Mechanismen der Sedimentation in der Wasseraufbereitung.

**Inhalte:** Prinzipien der Sedimentation; Einfluss von Partikelgröße und -dichte; Techniken zur Optimierung des Sedimentationsprozesses.

**5. Tiefenfiltration**

**Ziele:** Kenntnisse über die Funktionsweise und Anwendung der Tiefenfiltration in der Wasseraufbereitung.

**Inhalte:** Grundlagen der Tiefenfiltration; Auswahl von Filtermaterialien; Vorteile und Herausforderungen.

**6. Adsorption**

**Ziele:** Erwerben von Fachkenntnissen über den Adsorptionsprozess und dessen Rolle in der Wasseraufbereitung.

**Inhalte:** Theorie und Mechanismen der Adsorption; Auswahl und Einsatz von Adsorptionsmitteln; Effizienz und Grenzen des Adsorptionsverfahrens.

**7. Koagulation and Flockung**

**Ziele:** Verstehen der Prinzipien und Techniken von Koagulation und Flockung als essenzielle Prozesse in der Wasseraufbereitung.

**Inhalte:** Chemische und physikalische Grundlagen der Koagulation und Flockung; Einsatz von Koagulations- und Flockungsmitteln; Optimierung von Prozessparametern.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Im Modul „Water Treatment 1“, das konventionelle Technologien zur Trinkwasseraufbereitung behandelt, erwerben die Studierenden eine tiefgreifende Kenntnis der verschiedenen Bestandteile von Wasser und deren Auswirkungen auf urbane Systeme. Sie entwickeln ein solides Verständnis für gängige Verfahren und Techniken der Trinkwasseraufbereitung, insbesondere in den Bereichen Sedimentation, Tiefenfiltration, Adsorption sowie Koagulation und Flockung. Dieses Wissen befähigt sie, Prozesseinheiten in der Wasseraufbereitung zu identifizieren, ihre spezifischen Funktionen zu beschreiben und grundlegende Entwurfsempfehlungen für Trinkwasseraufbereitungsanlagen zu formulieren. Die erworbenen Kompetenzen legen den Grundstein für das Verständnis komplexer Aufbereitungssysteme und ermöglichen den Studierenden, fundierte Entscheidungen über die Auswahl und Anwendung geeigneter Technologien in der Praxis zu treffen.

**Description / Content English**

The subject „Water Treatment 1“, describes conventional technologies for drinking water treatment. The course gives students a solid basis for recognising process units, describing their function and performing basic calculations for the preliminary design of a drinking water treatment plant. With this module, students acquire a comprehensive knowledge of the fundamentals and techniques of conventional drinking water treatment. The overall aim is to enable students to understand and effectively apply the various aspects of water treatment in practice.

1. Water compounds

Objectives: Basic understanding of the various constituents present in water and their importance in water treatment.

Contents: Characterisation of the physical, chemical and biological constituents of water; importance of these constituents with respect to water treatment processes.

2. Water in urban systems

Objectives: To understand the specific challenges and issues of water in urban environments.

Contents: Influence of urban activities on water quality; typical contaminants in urban water systems and their sources.

3. Drinking water treatment

Objectives: Knowledge of common drinking water treatment processes and techniques.

Contents: Different stages of drinking water treatment; methods of treating and improving water quality; technologies and their applications.

4. Sedimentation

Objectives: Understanding of the principles and mechanisms of sedimentation in water treatment.

Contents: Principles of sedimentation; influence of particle size and density; techniques to optimise the sedimentation process.

5. Deep bed filtration

Objectives: Knowledge of the functioning and application of deep bed filtration in water treatment.

Contents: Basics of deep bed filtration; selection of filter materials; advantages and challenges.

6. Adsorption

Objectives: Acquire technical knowledge of the adsorption process and its role in water treatment.

Contents: Theory and mechanisms of adsorption; selection and use of adsorbents; efficiency and limitations of the adsorption process.

7. Coagulation and flocculation

Objectives: To understand the principles and techniques of coagulation and flocculation as essential processes in water treatment.

Contents: Chemical and physical principles of coagulation and flocculation; use of coagulation and flocculation agents; optimisation of process parameters.

### Learning objectives / skills English

In the module „Water Treatment 1“, which covers conventional technologies for drinking water treatment, students acquire an in-depth knowledge of the different components of water and their impact on urban systems. They develop a solid understanding of common drinking water treatment processes and techniques, particularly in the areas of sedimentation, depth filtration, adsorption, and coagulation and flocculation. This knowledge enables them to identify process units in water treatment, describe their specific functions and formulate basic design recommendations for drinking water treatment plants. The acquired competences lay the foundation for understanding complex treatment systems and enable students to make informed decisions about the selection and application of suitable technologies in practice.

### Literatur

Sontheimer et. al., Activated Carbon for Water Treatment; DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte Institut der Universität Karlsruhe (TH) 1988

Tien, C., Granular Filtration of Aerosols and Hydrosols, Butterworth Publishers; ISBN 0-409-90043-5 1989

Grombach, P.; Haberer, K.; Merkl, G.; Trüeb, E. U.; Handbuch der Wasserversorgungstechnik; Oldenbourg Verlag München Wien, ISBN 3-486-26142-8-379, 1993

Filters and Filtration Handbook, 3rd Edition Elsevier Science Publishers LTD; ISBN 1-85617-078-0, 1996

Lehr- und Handbuch der Wasserversorgung Bd. 6: Wasseraufbereitung – Grundlagen und Verfahren; DVGW Deutsche vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.; Oldenbourg Industrieverlag München Wien, ISBN 3-486-26365-X, 2004

Water Treatment Handbook, Volume 1 and 2; Degrémont, 7th English Edition, ISBN 978-2-7430-0970-0, 978-1-84585-005-0, 2007

Grohmann, A. N.; Jekel, M.; Grohmann, A.; Szewick, R.; Szewyk, U.; Wasser: Chemie, Mikrobiologie und nachhaltige Nutzung; Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin / New York, ISBN 978-3-11-021308-9, 2011

Worch, E.; Adsorption Technology in Water Treatment: Fundamentals, Processes, and Modeling; Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin / New York, ISBN 978-3-11-174740-8, 2012



<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>				
Water Treatment 2				
<b>Module title English</b>				
Water Treatment 2				
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>				
<b>Water Treatment 2</b>				
<b>Course title English</b>				
Water Treatment 2				
<b>Verantwortung</b>				<b>Lehreinheit</b>
Panglisch, Stefan				MB
<b>Kreditpunkte</b>		<b>Turnus</b>		<b>Sprache</b>
5		SoSe		E
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>		<b>SWS Seminar</b>
2	2			
<b>Studienleistung</b>				
<b>Prüfungsleistung</b>				
Klausur oder Mündliche Prüfung				
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>				
<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>				

Das Fach „Water Treatment 2“, ist eine Ergänzung zum Fach „Water Treatment 1“ und beschreibt weitergehende Technologien zur Trinkwasser- und Schlammaufbereitung. Ebenso wie „Water Treatment 1“ gibt der Kurs den Studierenden eine solide Grundlage zur Erkennung von Prozesseinheiten, zur Beschreibung ihrer Funktion und zur Durchführung von grundlegenden Berechnungen für den vorläufigen Entwurf einer Trinkwasseraufbereitungsanlage. Das übergeordnete Ziel ist es, die Studierenden in die Lage zu versetzen, die verschiedenen Aspekte der Wasseraufbereitung zu verstehen und effektiv in der Praxis anzuwenden.

#### 1. Oxidation

Ziele: Verstehen der Rolle der Oxidation in der Trinkwasseraufbereitung, Erkennen ihrer Auswirkungen auf die Wasserqualität und Fähigkeit zur Implementierung in den Aufbereitungsprozess.

Inhalte: Grundlagen der Oxidation, verschiedene Oxidationsmittel, Anwendungsbereiche, Vorteile und Limitationen, Auswirkungen auf Wasserinhaltsstoffe.

#### 2. Desinfektion

Ziele: Kenntnisse über die Methoden und Bedeutung der Desinfektion zur Sicherstellung der Wasserqualität.

Inhalte: Desinfektionsmethoden, Mechanismen und Effizienz, Auswahl von Desinfektionsmitteln, Dosierung und Auswirkungen auf Mikroorganismen.

#### 3. Gasaustausch

Ziele: Verständnis der Bedeutung des Gaswechsels in der Wasseraufbereitung und seiner Rolle bei der Qualitätskontrolle.

Inhalte: Mechanismen des Gaswechsels, Anwendungen in der Wasseraufbereitung, Steuerung von Gasgehalten im Wasser.

#### 4. Ionenaustausch

Ziele: Kenntnisse über den Ionenaustauschprozess und seine Anwendung zur Verbesserung der Wasserqualität.

Inhalte: Grundlagen des Ionenaustauschs, Ionenaustauscharze und ihre Anwendungen, Regenerationsprozesse, Auswirkungen auf Wasserinhaltsstoffe.

#### 5. Schlammbehandlung

Ziele: Fachkenntnisse über die Behandlung und Entsorgung von Schlamm aus der Wasseraufbereitung.

Inhalte: Entstehung und Zusammensetzung von Schlamm, Behandlungsprozesse, Entsorgungsmethoden, Umweltauswirkungen und -normen.

#### 6. Wasseranalytik

Ziele: Fähigkeit zur Durchführung und Interpretation von Wasseranalysen zur Beurteilung der Wasserqualität.

Inhalte: Methoden der Wasseranalyse, Parameter und ihre Bedeutung, Interpretation von Analyseergebnissen, Qualitätssicherung.

### Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Das Modul „Water Treatment II“ vertieft das Verständnis der Studierenden für konventionelle Technologien in der Trinkwasseraufbereitung. Nach erfolgreichem Abschluss des Kurses besitzen die Teilnehmer eine fundierte Kenntnis über die Rolle der Oxidation in der Wasseraufbereitung, insbesondere in Bezug auf ihre Auswirkungen auf die Wasserqualität. Sie werden mit den verschiedenen Desinfektionsmethoden vertraut gemacht und verstehen die zentrale Bedeutung der Desinfektion zur Gewährleistung der Trinkwasserqualität. Zudem erwerben sie ein tiefes Verständnis für die Mechanismen und Anwendungen des Gasaustauschs in der Wasseraufbereitung und können diesen effektiv zur Qualitätskontrolle einsetzen.

Die Studierenden entwickeln auch Fachkenntnisse im Bereich der Schlammbehandlung, wobei sie die verschiedenen Verfahren zur Behandlung und Entsorgung von Schlamm in der Wasseraufbereitung kennen und verstehen lernen. Durch das Erlernen von Methoden der Wasseranalyse sind sie in der Lage, die Qualität des Wassers effektiv zu bewerten und Analyseergebnisse korrekt zu interpretieren. Ein weiterer wichtiger Aspekt des Kurses ist der Ionenaustausch, wodurch die Studierenden ein fundiertes Verständnis für den Prozess und seine Auswirkungen auf die Wasserinhaltsstoffe erlangen. Insgesamt versetzt dieser Kurs die Studierenden in die Lage, Prozesseinheiten in der Wasseraufbereitung zu erkennen, ihre spezifischen Funktionen zu beschreiben und grundlegende Entwürfe für Trinkwasseraufbereitungsanlagen zu erstellen.

### Description / Content English

The subject „Water Treatment 2“, is a supplement to the subject „Water Treatment 1“ and describes more advanced technologies for drinking water and sludge treatment. Like „Water Treatment 1“, the course gives students a solid foundation in recognising process units, describing their function and performing basic calculations for the preliminary design of a drinking water treatment plant. The overall objective is to enable students to understand and effectively apply the various aspects of water treatment in practice.

1. Oxidation

Objectives: To understand the role of oxidation in drinking water treatment, recognise its impact on water quality and be able to implement it in the treatment process.

Contents: Basics of oxidation, different oxidants, areas of application, advantages and limitations, effects on water constituents.

2. Disinfection

Objectives: Knowledge of the methods and importance of disinfection to ensure water quality.

Contents: Disinfection methods, mechanisms and efficiency, selection of disinfectants, dosage and effects on microorganisms.

3. Gas exchange

Objectives: Understanding the importance of gas exchange in water treatment and its role in quality control.

Contents: Mechanisms of gas exchange, applications in water treatment, control of gas contents in water.

4. Ion exchange

Objectives: Knowledge of the ion exchange process and its application to improve water quality.

Contents: Basics of ion exchange, ion exchange resins and their applications, regeneration processes, effects on water constituents.

5. Sludge treatment

Objectives: Expertise in the treatment and disposal of sludge from water treatment.

Contents: Formation and composition of sludge, treatment processes, disposal methods, environmental impacts and standards.

6. Water analysis

Objectives: Ability to perform and interpret water analyses to assess water quality.

Contents: Methods of water analysis, parameters and their significance, interpretation of analysis results, quality assurance.

### Learning objectives / skills English

The module „Water Treatment II“ deepens the students' understanding of conventional technologies in drinking water treatment. Upon successful completion of the course, students will have a sound knowledge of the role of oxidation in water treatment, particularly in relation to its impact on water quality. They will become familiar with the different disinfection methods and understand the central importance of disinfection in ensuring drinking water quality. In addition, they acquire a deep understanding of the mechanisms and applications of gas exchange in water treatment and can use it effectively for quality control.

Students also develop expertise in sludge treatment, learning about and understanding the different methods of sludge treatment and disposal in water treatment. By learning water analysis methods, they are able to effectively assess the quality of water and correctly interpret analysis results. Ion exchange is another important aspect of the course, giving students a sound understanding of the process and its effects on water constituents. Overall, this course enables students to recognise process units in water treatment, describe their specific functions and create basic designs for drinking water treatment plants.

### Literatur

Grombach, P.; Haberer, K.; Merkl, G.; Trüeb, E. U.; Handbuch der Wasserversorgungstechnik; Oldenbourg Verlag München Wien, ISBN 3-486-26142-8-379, 1993  
Lehr- und Handbuch der Wasserversorgung Bd. 6: Wasseraufbereitung – Grundlagen und Verfahren; DVGW Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V.; Oldenbourg Industrieverlag München Wien, ISBN 3-486-26365-X, 2004  
Water Treatment Handbook, Volume 1 and 2; Degrémont, 7th English Edition, ISBN 978-2-7430-0970-0, 978-1-84585-005-0, 2007  
Grohmann, A. N.; Jekel, M.; Grohmann, A.; Szewick, R.; Szewyk, U.; Wasser: Chemie, Mikrobiologie und nachhaltige Nutzung; Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin / New York, ISBN 978-3-11-021308-9, 2011