



Modulbeschreibung

M.Sc. Maschinenbau PO19 Energie- und Verfahrenstechnik

Stand: November 2022

Modul- und Veranstaltungsverzeichnis

| Kursname laut Prüfungsordnung | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| Absorption | | | |
| Course title English | | | |
| Absorption | | | |
| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

| |
|--|
| Beschreibung / Inhalt Deutsch |
| Die Vorlesung befasst sich vertieft mit der Beschreibung des Wärme- und Stofftransports in Wäschern unter Berücksichtigung chemischer Reaktionen sowie mit dem thermodynamischen Verhalten wässriger Elektrolytlösungen. Darauf aufbauend werden industrielle Absorptions-/Desorptionsprozesse detailliert analysiert. In der begleitenden übung werden verschiedene Prozesse hinsichtlich ihrer wesentlichen Verfahrensparameter ausgelegt und durchgerechnet. |
| Schwerpunkte: |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Grundlagen der Absorption 2. Thermodynamik wässriger Elektrolytlösungen 3. Experimentelle Bestimmung von Absorptionsgleichgewichten 4. Wärme- und Stofftransport in Absorbern 5. Rauchgasreinigung in Kraftwerken 6. Gasreinigung in der Müllverbrennung 7. Dekarbonisierung von Abgasen 8. Weitere industrielle Anwendungen |
| Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch |
| Die Studenten beherrschen die Grundlagen der Absorption/Desorption von Gasen in Lösungsmitteln (Gleichgewichte, Wärme- und Stofftransport, chemische Kinetik) und können die wesentlichen Apparate- und Prozessparameter bestimmen. Sie sind in der Lage, komplexe industrielle Absorptionsprozesse zu analysieren und hinsichtlich ihrer Einsatz- und Optimierungsmöglichkeiten zu diskutieren. |

| |
|--|
| Description / Content English |
| The course deals with the description of heat and mass transfer in scrubbers considering chemical reactions and the thermodynamic behavior of aqueous electrolyte solutions. On the basis of this fundamentals selected industrial absorption/desorption processes are analyzed in detail. |
| In the accompanying exercises various processes are designed in terms of their key process parameters. |
| Topics: |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Fundamentals of absorption |

- 2. Thermodynamics of aqueous electrolyte solutions
- 3. Experimental determination of absorption equilibria
- 4. Heat and mass transfer in absorbers
- 5. Flue gas cleaning in power plants
- 6. Gas cleaning in waste incineration
- 7. Decarbonisation of exhaust gases
- 8. Other industrial applications

Learning objectives / skills English

The students understand the fundamentals of absorption / desorption of gases in solvents (equilibria, heat and mass transfer, chemical kinetics) and can determine the essential equipment and process parameters. They are able to analyze complex industrial absorption processes and to evaluate them in terms of applicability and optimization possibilities.

Literatur

Klaus Sattler: Thermische Trennverfahren
Wiley-VCH, 3. Auflage (2001)

J.D. Seader, E.J. Henley: Separation Process Principles
John Wiley & Sons, 2. Auflage (2006)

M. Luckas, J. Krissmann: Thermodynamik der Elektrolytlösungen
Springer Verlag (2001)

Kursname laut Prüfungsordnung**Adsorption - Charakterisierung und Modellierung****Course title English**

Adsorption - Characterization and Modelling

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung Adsorption II baut auf der Vorlesung Adsorptionstechnik / Industrial Adsorption Technology auf und behandelt vertieft zwei spezielle Aspekte der Adsorption.

Erster wesentlicher Aspekt ist die detaillierte Betrachtung von Adsorptionsprozessen auf molekularer Ebene. Die Adsorption an porösen Feststoffen (Adsorbentien) erfolgt aufgrund anziehender Kräfte zwischen den Wechselwirkungszentren auf der Oberfläche und denen der Moleküle in der Gas- oder Flüssigphase. Die Art und Anzahl an Wechselwirkungszentren auf der Oberfläche von Adsorbentien werden maßgeblich durch deren strukturelle Eigenschaften und Oberflächenchemie beeinflusst. In diesem Zusammenhang werden vertieft bereits etablierte und neuartige Mess- und Charakterisierungsmethoden vermittelt.

Der zweite wesentliche Aspekt ist die Modellierung und Simulation von Adsorptionsprozessen. Dies beinhaltet sowohl eine vertiefte Betrachtung der Adsorptionsthermodynamik und –kinetik inklusive Isothermen-Modellen als auch Modellierungen bzw. computergestützte dynamische Simulationen von Adsorptionsprozessen.

Im Einzelnen werden folgende Themenkomplexe behandelt:

- Wechselwirkungen bei Adsorptionsprozessen
- Mess- und Charakterisierungsmethoden
- Thermodynamik der Adsorption
- Ein- und Mehrkomponentenisothermenmodelle
- Transportphänomene bei der Adsorption
- Simulation und Modellierung von Adsorptionsprozessen

Begleitend zur Vorlesung wird eine Übung angeboten, bei der die Teilnehmer in einem Praktikumsversuch eine Adsorptionsanlage selbstständig aufbauen, betreiben und die Messdaten anschließend auswerten.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studenten kennen im Detail die wichtigsten Methoden zur Charakterisierung von Adsorbentien. Des Weiteren sind sie in der Lage, Adsorptionsmechanismen auf molekularer Ebene zu diskutieren und Adsorptionsprozesse in der notwendigen Detailtiefe zu modellieren oder auch mit komplexen DGL-Systemen zu simulieren.

Description / Content English

The lecture Adsorption II builds on the lecture Adsorptionstechnik / Industrial Adsorption Technology and deals in depth with two special aspects of adsorption.

The first essential aspect is the detailed observation of adsorption processes at the molecular level. Adsorption on porous solids (adsorbents) occurs due to attractive forces between interaction centers on the surface and those of the molecules in gas or liquid phase. The type and number of interaction centers on the surface of adsorbents are significantly influenced by their structural properties and surface chemistry. In this context, well-established and novel measurement and characterization methods are taught in detail.

The second essential aspect is the modeling and simulation of adsorption processes. This includes both an in-depth consideration of adsorption thermodynamics and kinetics including isothermal models as well as modelling or computer-aided dynamic simulations of adsorption processes.

In detail the following topics will be addressed:

- Interactions during adsorption processes
- Measurement and characterization methods
- Thermodynamics of adsorption
- Single and multi-component isothermal models
- Transport phenomena during adsorption
- Simulation and modeling of adsorption processes

In addition to the lecture, an exercise is offered in which the participants set up and operate an adsorption plant. Subsequently, the students evaluate the measurement data on their own.

Learning objectives / skills English

The students know in detail the most important methods for characterization of adsorbents and can discuss adsorption mechanisms on a molecular level. Furthermore, they are able to model adsorption processes in the necessary depth of detail or to simulate them with complex DGL systems.

Literatur

- Adsorbents: Fundamentals and Applications Ralph T. Yang John Wiley & Sons (2003)
- Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics Duong D. Do Imperial College Press (1998)
- Adsorption, Surface Area and Porosity S.J. Gregg, K. S. W. Sing Academic Press (1982)
- Adsorption: Theory, Modeling and Analysis József Tóth Marcel Dekker, Inc. (2001)
- Characterization of porous Solids and Powders: Surface Area, Pore Size and Density S. Lowell, Joan Shields, Martin Thomas, Matthias Thommes Springer Science+Business Media (2004)
- Diffusion in Zeolites and other Microporous Solids Jörg Kärger, Douglas Ruthven John Wiley & Sons (1992)
- Principles of Adsorption and Adsorption Processes Douglas Ruthven John Wiley & Sons, New York (1984)

Kursname laut Prüfungsordnung

Adsorption Technology

Course title English

Adsorption Technology

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS/SS | Deutsch/Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Adsorber werden in einer Vielzahl von technischen Produkten und Prozessen eingesetzt. Die Bandbreite reicht von Kleinsystemen wie Geruchsfilters in Autos oder Aquarienfiltern bis zu Großsystemen zur Reinigung von Trinkwasser oder zur Aufbereitung von Wasserstoff in Raffinerien. Allen Prozessen gemeinsam ist, dass sie auf der besonderen Trennwirkung von hochporösen Feststoffen wie Aktivkohlen oder Silikagelen beruhen.

Die Vorlesung befasst sich mit der gesamten Bandbreite der Adsorption in der Gas- und Flüssigphase, wobei der Schwerpunkt auf den praktischen industriellen Anwendungen liegt. Die theoretischen Grundlagen werden nur im für das Verständnis der Adsorption notwendigen Maße vermittelt.

Begleitend zur Vorlesung wird eine Übung angeboten, bei der die Teilnehmer in einem Praktikumsversuch eine Adsorptionsanlage kennen lernen und anschließend selbstständig betreiben.

Im Einzelnen werden folgende Themenkomplexe behandelt:

- Grundlagen von Adsorption und Desorption
- Mathematische Beschreibung und Simulation
- Adsorptionsgleichgewichte
- Kinetik der Adsorption
- Technische Adsorbentien
- Technische Desorptionsverfahren
- Industrielle Gasphasen-Adsorptions-Prozesse
- Industrielle Flüssigphasen-Adsorptions-Prozesse

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studenten kennen im Detail sämtliche Bauformen und -typen von Adsorbern, die wichtigsten industriellen Anwendungen sowie die verwendeten Adsorbentien und deren Einsatzfelder. Daneben sind sie in der Lage, Adsorptionsprozesse in der notwendigen Detailtiefe zu modellieren, zu berechnen oder auch mit komplexen DGL-Systemen zu simulieren.

Description / Content English

Adsorbers are used in many technical products and processes of all scales; from small applications like odour control filters in car cabins to massive plants for water treatment or air separation. All of these processes are based on the separation capacity of microporous solids like activated carbon or silica gel.

The lecture covers the whole bandwidth of adsorption processes in gas and liquid phase with a focus on industrial applications. In addition to the lecture, exercises and practical trainings on laboratory plants are offered.

In detail the following topics will be addressed:

- Basics of Adsorption and Desorption
- Mathematical Description and Simulation
- Adsorption Equilibria
- Adsorption Kinetics

- Technical Adsorbents
- Technical Desorption Processes
- Industrial Gas Phase-Adsorptions-Processes
- Industrial Liquid-Phase-Adsorptions-Processes

Learning objectives / skills English

The students know all types of adsorbers as well as their fields of application in industry. They are able to model and calculate all kind of adsorption processes.

Literatur

Dieter Batten, Marc Breitbach; Adsorptionstechnik
Springer (VDI-Buch) (2001)

Crittenden, Thomas; Adsorption Technology & Design
Butterworth-Heinemann, Oxford (1998)

Jörg Kärger, Douglas Ruthven; Diffusion in Zeolites and other Microporous Solids
John Wiley & Sons, New York (1992)

Ruthven, Farooq, Knaebel; Pressure Swing Adsorption
VCH-Verlag. New York (1994)

| Kursname laut Prüfungsordnung | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| Air Pollution Control | | | |
| Course title English | | | |
| Air Pollution Control | | | |
| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
| 4 | WS | Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Technische Maßnahmen zur Luftreinhaltung basieren oft auf der Kombination verschiedener Trennprozesse für gas- und partikelförmige Luftschadstoffe. Die Palette reicht von Zylonen, Gewebefiltern, Elektrofiltern über Gaswäschen bis hin zu Katalysatoren und aktivkohlebasierten Adsorbern. Im Rahmen der Vorlesung werden die einzelnen Mechanismen der Trennwirkung, die Grundlagen der Apparatedimensionierung sowie Basiswissen über die Emissionsmesstechnik vermittelt. Begleitend zur Vorlesung werden für ausgewählte praxisnahe Beispiele im Bereich Gas- und Aerosolfiltration: Gewebefilter, Zyklone, eine mehrstufige Gaswäsche,übungen zum Design und Auslegung von Apparaten und zur Bewertung der Abscheideeffizienzen angeboten. Es besteht die Möglichkeit, im Rahmen eines Praktikums, Versuche an einer Absorptionsanlage im Technikumsmaßstab durchzuführen. Zum Abschluss der Vorlesung wird eine Exkursion zu einer Müllverbrennungsanlage angeboten.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind in der Lage, auf Basis einer konkreten Problemstellung aus dem Gebiet der Gas- und Aerosolfiltration anlagenbasierte Konzepte für die Vermeidung und Verminderung von Emissionen zu entwerfen. Sie sind fähig, die grundlegenden Verfahrensparameter zu benennen und Berechnungen zur Auslegung und Dimensionierung sowie Abscheideeffizienzen der Apparate z.B. Gewebefilter, Zyklone, Adsorber, Gaswäschen durchzuführen.

Description / Content English

Technical processes for gas cleaning often are based upon a combination of different separation processes for gaseous and particulate pollutants. The used units range from cyclones, fabric filters, electrostatic precipitators, over wet scrubbers to catalysts and activated-carbon filter. Within the lecture the particular separation mechanisms, the fundamentals of unit dimensioning as well as basic knowledge of emission measurement are taught. Accompanying to the lecture, exercises for design and layout of gas and aerosol filtration units and the evaluation of their separation efficiency are given. These practical examples are explained concerning fabric filters, cyclones and multi-stage scrubbers. There is the chance to carry out experiments on a pilot plant wet scrubber within a practical course. This lecture ends with an excursion to a waste incineration plant.

Learning objectives / skills English

The students are able to design unit operations for avoiding and diminishing emissions based on practical examples concerning gas and aerosol filtration.
They know the fundamental process parameters and can make the calculations for design and layout as well as separation efficiency of different unit operations as there are fabric filters, cyclones, adsorbers and wet scrubbers.

Literatur

Sherwood, T.K., Pigford, R.L., Wilke, C.R: Mass Transfer, New York: McGraw Hill 1975

VDI Richtlinie 3679 Blatt 2 Abgasreinigung durch Absorption (Wäscher), Beuth Verlag
Billet, R., Schultes, M., Predicting Mass Transfer in Packed Columns, Chem. Eng Techn., 1993
Stieß, M., Mechanische Verfahrenstechnik, Springer Verlag 1993
Perry's Chemical Engineer's Handbook, Mc Graw Hill
Hinds W. C., Aerosol Technology, Wiley Sons

Kursname laut Prüfungsordnung**Angewandte numerische Strömungsmechanik****Course title English**

Applied Computational Fluid Dynamics

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 5 | WS | Deutsch/Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

Teil der Prüfung ist ein kurzes Referat der/des Studierenden über eine Strömungssimulation, die im Rahmen der Übung in kleinen Teams von 2 bis 3 Studierenden selbstständig durchgeführt wurde. Die genauen Prüfungsmodalitäten werden in Abhängigkeit der Teilnehmerzahl zu Beginn der Veranstaltung festgelegt und bekannt gegeben.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

In der Vorlesung wird die Anwendung moderner Software für numerische Strömungsmechanik im Entwurfs- und Optimierungsprozess bei der Entwicklung neuer Produkte sowie zur Lösung von Problemen bei bestehenden Produkten in verschiedenen Industriezweigen vermittelt. Die Verknüpfung mit der theoretischen und experimentellen Strömungsmechanik steht dabei im Vordergrund.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden werden befähigt, verschiedene Strömungsarten durch Einsatz moderner Software zu simulieren, Simulationsergebnisse zu beurteilen und sie zur Lösung von praxisrelevanten Problemen anzuwenden. Ferner werden sie lernen, wie man Kenntnisse aus der theoretischen Strömungsmechanik zur Vorbereitung von Simulationen einsetzt und wie man die Fehler aus verschiedenen Quellen in einer Simulation abschätzt.

Description / Content English

In these lectures the use of modern software for computational fluid dynamics in the design and optimization process for new products as well as for solving problems with existing products in different engineering branches is described. The emphasis is on the link to the theoretical and experimental fluid dynamics.

Learning objectives / skills English

The students will be able to simulate different flow types using modern CFD-software, to evaluate simulation results and to apply them for solving of practical engineering problems. In addition, they will learn how to use knowledge from theoretical fluid dynamics to set up numerical simulations and how to estimate errors from various sources in flow simulations.

Literatur

- H. Herwig: Strömungsmachanik, Springer, Berlin, 2006.
- F. Durst: Grundlagen der Strömungsmechanik, Springer, Berlin, 2006.
- W.-H. Hucho: Aerodynamik der Stumpfen Körper, Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2011.
- J.H. Ferziger, M. Peric: Numerische Strömungsmechanik, Springer, Berlin, 2008.

Kursname laut Prüfungsordnung**Brennstoffzellensysteme in der dezentralen Energieversorgung****Course title English**

Fuel Cell in Decentralized Energy Supply

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | | 1 | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Stromerzeugung und -speicherung in elektrochemischen Systemen wie Batterien und Brennstoffzellen ist Schwerpunkt der Vorlesung. Die verschiedenen in der Entwicklung befindlichen Brennstoffzellensysteme von der bei niedriger Temperatur arbeitenden Membranbrennstoffzelle bis zur Festoxidbrennstoffzelle mit ihren 1000°C Arbeitstemperatur werden vorgestellt. Zur Brennstoffzellentechnologie gehört die Wasserstofferzeugung aus verschiedenen Energieträgern, sowohl für stationäre Systeme für die Kraft/Wärmekopplung als auch an Bord von Fahrzeugen oder sogar für kleinste portable Anwendungen. Ein Vergleich von Brennstoffzellen mit anderen innovativen Energieerzeugern wie Mikrogasturbinen, Stirling-Motoren und Thermoelektrischen Wandlern runden das Bild ab. In einem Praktikum werden die behandelten Inhalte anschaulich vertieft.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie werden von den Studenten verstanden, so dass sie die Technik und die Rahmenbedingungen nachvollziehen und auch auf neue Fragestellungen übertragen können und die verschiedenen Zukunftsoptionen der Effizienzsteigerung in der Energieversorgung beurteilen können. Vor- und Nachteile im Vergleich zu konventionellen Energiesystemen sind erarbeitet.

Description / Content English

Electricity generation and storage by electrochemical devices like batteries and fuel cells is the main focus of this lecture. The different types of fuel cells being in development ranging from membrane fuel cells with typical operation temperatures of 80°C to solid oxide fuel cells for 1000°C are presented. Closely connected with fuel cell technology is the hydrogen technology. Thus, hydrogen generation via the various possible pathways for the different applications of fuel cell systems are described. The range of applications are combined heat and power supply in stationary systems, electric traction and power supply for remote and portable applications. Fuel cell systems are compared to other innovative energy converters, like micro gas turbines or Stirling engines. The contents are deepened in a practical exercise.

Learning objectives / skills English

The students understand fuel cell and hydrogen technology and are able to judge advantages and disadvantages of these new energy options in comparison to established technologies. The students are able to transfer this knowledge to new questions related to energy systems. The potential increase in energy efficiency and economical and political conditions are understood.

Literatur

Für Elektrochemie und Batterien:
Hamann/Vielstich, „Elektrochemie“
Wiley, Weinheim 1998

Für Wasserstofftechnologie:

„Electrochemical Hydrogen Technologies“ Ed.:H. Wendt,
Elsevier Amsterdam 1990

Für Brennstoffzellen:

Kordesch/Simader „Fuel Cells and their applications“
VCH Weinheim 1996

Heinzel/Mahlendorf/Roes „Brennstoffzellen“

C.F. Müller Heidelberg 2005

Larminie/Dicks „Fuel Cell Systems explained“

Wiley, Chichester 2000

Handbook of Fuel Cells, Wiley 2003

Krewitt/Pehnt/Fischbeck/Temming „Brennstoffzellen in der Kraft-Wärme-Kopplung“,
Erich Schmitt-Verlag, Berlin 2004

Brennstoffzellen und Mikro-KWK, ASUE Band 20, Vulkan-Verlag 2001

Für Energiedaten:

internet <http://www.bmwi.de> , <http://www.bp.com> und <http://www.iea.org>

Kursname laut Prüfungsordnung**Chemische Thermodynamik****Course title English**

Chemical Thermodynamics

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer

Beschreibung / Inhalt Deutsch

1 Wiederholung und Zusammenfassung der Hauptsätze und der wichtigsten Grundbegriffe

2 Mischungen und Lösungen:

2.1 thermodynamische Konzepte zur Beschreibung von Gleichgewichten idealer und realer Mischungen

2.2 Anwendungen: Stofftrennung (Destillation, Rektifikation u.a.), Verteilungsgleichgewichte, Osmose u.w.

3 Reagierende Systeme:

3.1 Reaktionen in homogenen und heterogenen Systemen

3.2 Gekoppelte Gleichgewichte (u.a. Verbrennung, Stickoxidentstehung)

3.3 Bilanzgleichungen für verschiedene Reaktoren (Reaktionsführungen)

3.4 Eine Einführung in die Gleichgewichtsreaktiochemie (im Hinblick auf Brennstoffzellen und Korrosionsprozesse)

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Bei erfolgreicher Teilnahme sollte der Studierende:

-Die Konzepte zur Beschreibung realer Fluide und Mischungen (Aktivität, Fugazität, Exzessgrößen etc.) verstanden haben und in der Lage sein sie anzuwenden.

-in der Lage sein, zu beurteilen welche Stoff- und Mischungsmodelle für eine gegebene Problemstellung zu wählen sind und wie benötigte Daten beschafft oder abgeschätzt werden können.

-die zentrale Bedeutung der freien Enthalpie und des chemischen Potentials in der Thermodynamik verstanden haben.

-reale binäre Phasengleichgewichte berechnen können, wie sie in der thermischen Verfahrenstechnik zur Stofftrennung benutzt werden. Die Konzepte zur Erweiterung auf Mehrkomponenten sollten klar sein.

-gekoppelte chemische Gleichgewichte sowie komplexe Gleichgewichte berechnen können, wie sie in der Energietechnik und der Verfahrenstechnik benötigt werden.

- die starke Abweichung von Elektrolytlösungen vom Idealverhalten verstanden haben und für einfache Fälle sollten sie Aktivitäten und Gleichgewichte berechnen können.

- das molekulare Modell des dynamischen Gleichgewichts mit dem Bezug zur Kinetik verstanden haben.

Description / Content English

1 Repetition of the principles of thermodynamics

2 Mixtures and Solutions

2.1 Thermodynamic concepte ideal vs. real mixtures

2.2 Applications: Distillation, osmosis etc.

3. Reacting systems

3.1. Reactions in homogeneous and heterogeneous media, incl. non-ideal mixtures

- 3.2 Coupled chemical equilibria
- 3.3 Thermodynamic kinetic coupling for different reactors
- 3.4 Introduction to equilibrium electrochemistry

Learning objectives / skills English

The student shall learn to apply the laws of thermodynamics on multi-component and multi-phase systems which may be reacting or non-reacting. The student should have a good understanding of ideal mixtures and deviations from ideality. They should be able to apply the concepts of fugacity, activity and excess variables to calculate vapor liquid or liquid liquid equilibria. Simple chemical equilibrium calculation should be understood as well as the concepts for complex chemical equilibria.

This knowledge is the basis for many application in process engineering, energy technology and combustion science.

Literatur

Chemical and Engineering Thermodynamics, Sandler, Stanley I., John Wiley & Sons
Physical Chemistry, P.W. Atkins, Oxford University Press

Thermodynamik. Grundlagen und technische Anwendungen. Hans Dieter Baehr, 10.Aufl. Springer

Thermodynamik II. Karl Stephan, Franz Mayinger, Springer

Kursname laut Prüfungsordnung**Dampfturbinen****Course title English**

Steam Turbines

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Im ersten Teil der Vorlesung wird den Studierenden der Einsatz der Systemkomponente Dampfturbine in Energiewandlungssystemen vorgestellt. Hierzu zählen die Umwandlung von Sonnenlicht in Strom mittels Concentrated Solar Power, Nutzung von Abwärme mittels des Organic Rankine Cycles, Einsatz von Radialexpandern in Brennstoffzellensystemen sowie Energiespeicherung mittels Carnot-Batterie. Weiterhin werden die verschiedenen Prozessführungen (Kondensations-, Gegendruck-, Entnahmeprozess, Sattdampfprozess, überkritischer Prozess) erläutert.

Die Bewertung der Dampfturbine und des Gesamtprozesses über verschiedene Wirkungsgrade und exergetische Betrachtungsweisen ist ebenso Bestandteil wie mögliche Prozessverbesserungen (Einfluss von Frischdampftemperatur und -druck, regenerativer Speisewasservorwärmung, Zwischenüberhitzung).

Anschließend wird der Einsatz des Dampfkraftprozesses als Bottoming-Prozess erläutert. Die Betrachtung des Gesamtsystems führt schließlich zur Definition von Anforderungen an die Gestaltung der Dampfturbine.

Stufenkenngrößen, Gleichdruck-, überdruckstufen, Geschwindigkeitsstufung, Curtisrad, Niederdruckstufen, Nassdampfprobleme, axiale und radiale Bauart werden erläutert. Die eindimensionale Auslegung von Dampfturbinenstufen sowie Kenngrößen am Schaufelgitter ist ebenso Bestandteil wie die räumliche Strömung. Hierzu werden die Lösungsansätze für das Grundgleichungssystem eingeführt und Profil-, Rand- und Spaltverluste sowie Sekundärströmungen besprochen. Danach werden verschiedene konstruktive Gesichtspunkte eingeführt (Trommelbauart, Kammerbauart, Axialschub und Schubausgleich, Turbinenläufer, Laufschaufeln, Schaufelbefestigung, Leitvorrichtungen, Zwischenböden, Leitschaufelträger, Turbinengehäuse, Wellenabdichtungen, Gehäuse- und Läuferdehnung). Die Vorlesung schließt mit der Regelung und dem Betriebsverhalten von Dampfturbinen.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden lernen die Dampfkraftprozesse im Detail kennen. Sie verstehen die Energiewandlungsprozesse und können sie entsprechend ihrer Effektivität beurteilen. Sie können die Strömungsprozesse in Dampfturbinen nachvollziehen und sind in Detailprobleme der Maschinen eingeführt. Sie sind in der Lage, Maschinenkonstruktionen zu entwerfen und das Betriebsverhalten von Maschinen zu beurteilen.

Description / Content English

In the first part of the lecture, students are introduced to the application of steam turbines in energy conversion systems. This includes the conversion of sunlight into electricity through Concentrated Solar Power, utilization of waste heat with the Organic Rankine Cycle, use of radial expanders in fuel cell systems and energy storage by means of Carnot batteries. Furthermore, different system designs (condensation, back-pressure, extraction, saturated steam, supercritical) are explained.

The evaluation of the steam turbine and the overall process via different efficiency definitions and exergetic analysis is also a part of the lecture, as are possible process improvements (live steam temperature and pressure, regenerative feedwater preheating, intermediate superheating). Subsequently, the use of the Rankine cycle as a bottoming process is explained. The consideration of the overall system finally leads to the definition

of requirements for the design of the steam turbine. Stage characteristics, low-pressure stages, wet steam problems, axial and radial design are explained. The one-dimensional design of steam turbine stages and characteristics of the blades are also part of the course, as well as three-dimensional flows. For this purpose, solution approaches for the conservation equations are introduced, and profile, boundary and gap losses, and secondary flows are discussed. Afterwards, various design aspects are introduced (drum design, axial thrust and thrust balancing, turbine rotor, rotor blades, guide vanes, guide vane carriers, turbine casing, shaft seals, casing and rotor expansion). The lecture concludes with the control and operating behaviour of steam turbines.

Learning objectives / skills English

Here, the students get to know the industrial thermal power processes in detail. They understand the energy conversion processes and can accordingly judge their effectiveness. They can comprehend the fluid processes in steam turbines and get introduced to particular problems related to machines. They are also able to design machine constructions and to evaluate the performance of these machines.

Literatur

see weblink below.

Kursname laut Prüfungsordnung**Elektrochemische Prozesse und elektrochemische Messtechnik****Course title English**

Electrochemical Processes and Techniques

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Elektrochemische Prozesse sind allgegenwärtig. Man setzt sie sowohl zur Gewinnung von Materialien (z.B. Chlor, Aluminium, Kupfer etc.) als auch für die Behandlung von Oberflächen z.B. durch galvanische Verfahren oder Elektropolitur aber auch zur Herstellung von Formkörpern durch elektrophoretische Abscheidung von Pulvern, zur Reinigung von Abwässern und Böden sowie für viele andere Prozesse ein. Ein eher unerwünschter elektrochemischer Prozess ist die Metallkorrosion.

Elektrochemische Verfahren bieten Einblicke in die Zusammensetzung und die Reaktivität von Materialien zur Energiespeicherung. Außerdem werden elektrochemische Sensoren (pH-Elektrode, Lambda-Sonde etc.) zur Steuerung von Prozessen eingesetzt und elektrochemische Verfahren dienen zur Analyse von Spuren umweltrelevanter Stoffe.

Allen elektrochemischen verfahren ist gemeinsam, dass Elektronen über eine Phasengrenze hinweg ausgetauscht werden und so Reduktions- oder Oxidationsprozesse bewirken.

In der Vorlesung werden die grundlegenden Überlegungen zum Verständnis elektrochemischer Prozesse erörtert und ihre praktische Relevanz an ausgewählten technischen Verfahren gezeigt. Der Inhalt der Vorlesung gliedert sich wie folgt:

Einführung in elektrochemische Prozesse

- Thermodynamik
- Kinetik
- Arten elektrochemischer Reaktionen

Elektrochemische Analyseverfahren

- Coulometrie
- Voltammetrie
- Impedanzspektroskopie

Elektrochemische Prozesse zur Stoffgewinnung und -reinigung

- Chlorproduktion
- Metallgewinnung (z.B. Aluminium)
- Metallraffination (z.B. Kupfer)
- Beschichtung (Galvanik)

Korrosion

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden lernen elektrochemische Verfahren zur Herstellung und Reinigung von Stoffen sowie elektrochemische Mess- und Analysemethoden kennen. Die Studierenden lernen die industrielle Bedeutung elektrochemischer Prozesse und im Vergleich zu anderen Verfahren zu bewerten. Sie lernen außerdem die Bedeutung elektrochemischer Analysenmethoden zur Bewertung von Materialeigenschaften und für die elektrochemische Energietechnik kennen. Sie erlangen so vertiefte Kenntnisse in den Themenfeldern Energie und Werkstoffe.

Description / Content English

Electrochemical processes are omnipresent. They are used for the production and purification of metals (e.g. chlorine, aluminum, copper etc.). Further uses are surface treatment (e.g. by galvanic deposition or electropolishing), forming (e.g. by electrophoretic deposition of ceramic powders), for the purification of waste water or soil as well as for many other processes. A more or less undesirable electrochemical effect is the corrosion of metals.

Electrochemical methods allow to study the composition and the reactivity of materials used for energy storage. In addition, electrochemical sensors (e.g. pH-electrode, lambda probes etc.) are used to control industrial processes. Furthermore, electrochemical methods are well established in trace analysis.

Transfer of electrons across a phase boundary causing oxidation or reduction reactions is common to all electrochemical processes.

Within the course the fundamental considerations to understand electrochemical processes will be discussed and their application in processes of technical relevance will be shown. The course is structured along the following topics:

Introduction into electrochemical processes

- Thermodynamics
- Kinetics
- Ways of electrochemical reactions

Electrochemical analytic methods

- Coulometry
- Voltammetry
- Impedance spectroscopy

Electrochemical methods for materials synthesis and purification

- Chlorine production
- Metal winning (e.g. aluminium)
- Metal refining (e.g. copper)
- Galvanic coating

Corrosion

Learning objectives / skills English

The students will learn about electrochemical processes to produce and purify materials as well as the use of analytical methods based on electrochemical effects. The students will be able to assess the industrial relevance of electrochemical processes and compare them to other processes. They will also learn about the use of electrochemical processes and methods in materials science and electrochemical energy technology to obtain in depth knowledge on materials properties.

Literatur

Carl H. Hamann, W. Vielstich

Elektrochemie

Eliezer Gileadi

Physical Electrochemistry

Präsentationsfolien zur Vorlesung

Elektrochemische Prozesse und elektrochemische Messtechnik

Kursname laut Prüfungsordnung

Energiewirtschaft

Course title English

Power Economy

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch | 1 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

- Zentrale Energiewandlung im Kraftwerk
- Dezentrale Energiebereitstellung
- Emissionsminderungstechnologien
- CO2-Emissionsvermeidung
- Strom- und Wärmegestehungskosten

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

- Aufkommen und Bedarf von Primärenergie
- Bewertung von Energiewandlungsprozessen
- Berechnung von spezifischen Emissionen
- Berechnung von Strom- und Wärmegestehungskosten
- Technologische und gesamtwirtschaftliche Bewertung von Energieversorgungsstrukturen

Description / Content English

- central energy conversion in power plants
- decentral energy supply
- emission reduction technologies
- avoidance of CO2-emissions
- levelised costs of electricity and heat

Learning objectives / skills English

- quantity and demand of primary energy
- evaluation of energy conversion processes
- calculation of specific emissions
- calculation of generation costs for electricity and heat
- technological and overall economical evaluation of energy supply structures

Literatur

Behr und Kabelac, Thermodynamik, 15. Auflage, Springer Vieweg ISBN 978-3-642-24160-4, 2012

Kalide und Sigloch, Energiewandlung in Kraft- und Arbeitsmaschinen 10. Auflage, Hanser ISBN 978-3-446-41779-3, 2010

BMWi - Energiedaten, <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/energiedaten.html>

| Kursname laut Prüfungsordnung | | | |
|--|------------------|------------------------------|--------------------|
| Formulierungs-, Druck- und Beschichtungstechnologien für partikuläre Produkte | | | |
| Course title English | | | |
| Formulation, printing and coating technologies for particulate products | | | |
| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | | | 1 |
| Prüfungsleistung | | | |

| |
|--|
| Beschreibung / Inhalt Deutsch |
| Nahezu immer finden partikuläre Produkte nicht als Pulver ihre endgültige Anwendung, sondern müssen zu (multi)funktionalen dünnen Filmen oder Schichten verarbeitet werden. Dies gilt insbesondere für energetische Funktionsmaterialien wie sie in Brennstoffzellen, Batterien, aber auch LEDs und Solarzellen, d.h. Anwendungen der Energie- und Verfahrenstechnik sowie der Nanotechnologie, zum Einsatz kommen. Innerhalb der Vorlesung soll daher die gesamte Prozesskette von der Formulierung druckbarer Tinten bis zum Beschichtungsprozess betrachtet werden. |
| Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch |
| Studierende verstehen nach dem Besuch der Vorlesung die komplexen Zusammenhänge zwischen dem Suspendieren von Pulvern und deren Formulierung zu maßgeschneiderten Tinten. Die angestrebten Eigenschaften letzterer können mit den spezifischen Randbedingungen unterschiedlicher Druck- und Beschichtungsverfahren in Verbindung gebracht werden. Ebenso sind gängige Methoden zur Charakterisierung von Trocknungsprozessen und partikulären Schichten bekannt und können hinsichtlich der Vor- und Nachteile diskutiert werden. |

| |
|--|
| Description / Content English |
| Particulate products almost always do not find their final application as powders, but have to be processed into (multi)functional thin films or layers. This applies in particular to energetic functional materials such as those used in fuel cells and batteries, but also LEDs and solar cells, i.e. applications in energy and process engineering as well as nanotechnology. The lecture will therefore cover the entire process chain from the formulation of printable inks to the coating process. |
| Learning objectives / skills English |
| After attending the lecture, students will understand the complex relationships between suspending powders and formulating them into tailor-made inks. The desired properties of the latter can be associated with the specific boundary conditions of different printing and coating processes. Common methods for characterizing drying processes and particulate layers are also known and can be discussed with regard to their advantages and disadvantages. |

| |
|---|
| Literatur |
| - Kistler, S.F., Schweizer, P.M. (Eds.), 1997. Liquid film coating: scientific principles and their technological implications. Chapman & Hall. |
| - Cohen, E.D., Gutoff, E.B., 1992. Modern Coating and Drying Technology. John Wiley & Sons. |
| - Meichsner, G., Mezger, T., Schröder, J., 2016, Lackeigenschaften messen und steuern |
| - Schweizer, P., Liquid Film Coating |



Kursname laut Prüfungsordnung

Gas Dynamics

Course title English

Gas Dynamics

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|---------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | WS | Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

Projektarbeit und Klausur

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Aero- und Thermodynamik der Flugantriebe; Diskussion der Hauptkomponenten der Flugantriebe; Grundlagen der Aerodynamik der Flügelprofile und Flügel; Wirbelauftrieb; interne Aerodynamik der Turbomaschinenkomponenten

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Erweiterte Kenntnisse der Aerodynamik; Verständnis der Funktionsweise von modernen Gasturbinen

Description / Content English

Aero- thermodynamics of aerospace propulsion; discussion of main components of aircraft engines; fundamentals of aerodynamics of airfoils and wings; vortex lift; internal aerodynamics of components of turbomachines

Learning objectives / skills English

Extended knowledge of aerodynamics; understanding of function of modern gas turbines

Literatur

| Kursname laut Prüfungsordnung | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| Gasturbinen | | | |
| Course title English | | | |
| Gas Turbines | | | |
| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung Gasturbinen baut auf der Vorlesung Wärmekraft- und Arbeitsmaschinen des Bachelor-Studienganges Maschinenbau auf. In dieser Veranstaltung werden die thermodynamischen Grundlagen des Joule-Prozesses vertieft behandelt. Die daraus resultierenden Zusammenhänge für die Auslegung werden diskutiert. Dabei werden sowohl der klassische offene Joule-Prozess als auch die geschlossene und rekuperierte Prozessführung behandelt. Einsatzmöglichkeiten und besonderen Herausforderungen von Gasturbinen in mobilen Anwendungen z.B. Flugzeugantrieb und der Einsatz in stationären Anwendungen z.B. Spitzenlastkraftwerke oder Gasturbinen mit Brennstoffen aus regenerativen Energiequellen wie Biofuels und Wasserstoff werden dargestellt. Die Auswirkungen der hohen Temperaturen auf die Maschinenkomponenten und die Möglichkeiten zur Reduktion der Abgasbelastung z.B. durch NOx und Partikel sind Gegenstand der Veranstaltung. Eine Betrachtung der Einzelkomponenten und deren konstruktiven Besonderheiten bei der Anwendung in der Gasturbine werden gegenübergestellt.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden lernen die Prozesse der Gasturbinen im Detail kennen. Sie verstehen die thermodynamischen Hintergründe der Energieumwandlung in Gasturbinen, können die Prozessverbesserungsmaßnahmen beurteilen und sind in der Lage das Betriebsverhalten von Gasturbinen zu erfassen.

Description / Content English

The lecture Gas Turbines builds on the lecture Thermal Power and Working Machines of the Bachelor's programme Mechanical Engineering. In this course, the thermodynamic fundamentals of the Joule process are dealt with in depth. The resulting correlations for the design are discussed. Both the classical open Joule process and the closed and recuperated process control are dealt with. Possible applications and special challenges of gas turbines in mobile applications, e.g. aircraft propulsion, and the use in stationary applications, e.g. peak load power plants or gas turbines with fuels from renewable energy sources such as biofuels and hydrogen, are presented. The effects of the high temperatures on the machine components and the possibilities for reducing exhaust gas pollution, e.g. by NOx and particles, are the subject of the event. A consideration of the individual components and their design features in the application in the gas turbine are contrasted.

Learning objectives / skills English

The students learn about the processes of gas turbines in detail. They understand the thermodynamic background of energy conversion in gas turbines, can assess the process improvement measures and are able to record the operating behaviour of gas turbines.

Literatur

see weblink below.

Kursname laut Prüfungsordnung**Grundlagen und Anwendung von Strömungssimulationen in der Kunststoffverarbeitung****Course title English**

Fundamentals and Applications of Computational Fluid Dynamics in Polymer Processing

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Veranstaltung vermittelt die Anwendung von numerischen Strömungssimulationen (CFD, computational fluid dynamics) auf typische Problemstellungen der Kunststoffverarbeitung. Dabei wird sowohl das notwendige Grundlagenwissen der genutzten numerischen Verfahren beleuchtet, als auch mittels praktischer Übungen der Umgang mit der Simulationssoftware Ansys (Meshing, Fluent, CFD-Post) vermittelt. Das erworbene Wissen wird in Form eines eigenständigen Projektes angewendet und zur Auslegung und Optimierung eines Werkzeuges für die Kunststoffverarbeitung eingesetzt.

In der Vorlesung werden die folgenden Grundlagen behandelt:

- - Numerische Modellierung
- - Die Finite-Volumen-Methode
- - Rechennetze
- - Diskretisierung
- - Lösungsverfahren

Die Übung bzw. die Hausarbeit befassen sich mit den Themen:

- - CAD-Modellierung von Werkzeugen
- - Vernetzung mit Ansys Meshing
- - Durchführen von Simulationen mit Ansys Fluent
- - Auswertung mit Ansys CFD-Post
- - CFD-gestützte Geometrie-Optimierung

Das Lehrangebot wird ergänzt durch umfangreiches Material für das Selbststudium, dass über die moodle-Platform bereitgestellt wird (weitergehende Literatur, Kurzanleitungen, Videos). Die Ermittlung von Materialparametern für die Simulation wird in Form eines Praktikums vermittelt.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studenten sind in der Lage, Grundlagen der Finiten-Volumen-Methode und der Generierung von numerischen Rechengittern zu erläutern. Sie erwerben Verständnis für Quellen numerischer Fehler und können die Grenzen der eingesetzten Verfahren sicher abschätzen.

Die Studenten sind in der Lage Materialparameter aus geeigneten Messwerten zu generieren und in eine Simulationssoftware zu integrieren. Sie sind fähig Problemstellungen der Kunststoffverarbeitung in der Simulationsumgebung ANSYS zu modellieren und das nötige Pre-Processing, die numerische Lösung und das Post-Processing durchzuführen bzw. zu überwachen.

Description / Content English

The course covers the application of computational fluid dynamics (CFD) to typical problems in polymer processing. The fundamentals of the used numerical methods will be discussed and practical exercises will be given to show the handling of the simulation software Ansys (Meshing, Fluent, CFD-Post). The acquired knowledge will then be used in a self-responsible project to design and optimise a die for polymer processing. The following fundamentals are covered in the lecture:

- Numerical Modeling
- The Finite Volume Method
- Computational Grids
- Discretisation
- The Solution Process

The exercise respectively the homework deals with the topics:

- CAD modelling of dies
- Meshing with Ansys Meshing
- Performing simulations with Ansys Fluent
- Evaluation with Ansys CFD-Post
- CFD-supported geometry optimisation

The course is complemented by extensive material for self-study, which is provided via the moodle platform (further literature, short instructions, videos). The students will measure material parameters for the simulation in a lab course.

Learning objectives / skills English

The students are able to explain the basics of the finite volume method and the generation of grids for numerical computations. They gain an understanding of sources of numerical errors and can reliably estimate the limits of the methods used.

The students are able to generate material parameters from a set of empirical data and integrate them into a simulation software. They are able to model problems of plastics processing in the simulation environment ANSYS and are able to perform and monitor the necessary pre-processing, numerical solution and post-processing.

Literatur

- Moukalled, Mangani, Darwish: The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics – An Advanced Introduction with OpenFOAM and Matlab. Springer, 2016
- Ferziger, Periä: Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer, 2002
- Veersteeg, Malalasekera: An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method. Pearson Prentice Hall, 2007
- Lecheler: Numerische Strömungsberechnung: Schneller Einstieg in ANSYS CFX 18 durch einfache Beispiele. Springer, 2018
- Michaeli: Extrusionswerkzeuge für Kunststoffe und Kautschuk: Bauarten, Gestaltung und Berechnungsmöglichkeiten. Hanser, 2009
- Rauwendaal: Polymer Extrusion. Hanser, 2014
- Campbell, Spalding: Analyzing and troubleshooting single-screw extruders. Hanser, 2013
- Schröder: Rheologie der Kunststoffe. Hanser, 2018

| Kursname laut Prüfungsordnung | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| Kreiselpumpen | | | |
| Course title English | | | |
| Centrifugal Pumps | | | |
| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Nach der Einteilung der Kreiselpumpen (KP) entsprechend der spezifischen Drehzahl werden die möglichen Fördermedien eingehend besprochen. Es folgen Beispiele für Kreiselpumpenanlagen. Mit Hilfe der thermodynamischen Grundlagen von Kreiselpumpen wird die Energieumsetzung in Kreiselpumpenlaufrädern hergeleitet. Die Ansätze zur Berücksichtigung des Minderleistungsfaktors und die auftretenden Verluste komplettieren die Berechnung der Zustandsänderung der Strömung und ermöglichen die Auslegung und Berechnung von Kreiselpumpen und ihren Komponenten. Nach einem Überblick über die Behandlung von Kavitation wird die Berechnung von Pumpen- und Anlagenkennlinien vermittelt und der Betrieb von Pumpen in verschiedenen Anlagen betrachtet. Typische Anwendungen sind die Wasserversorgung und der Abwassertransport im öffentlichen Versorgungsnetz.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden lernen die Arbeitsweise und Energieumsetzung von Kreiselpumpen im Detail kennen. Sie beherrschen die Klassifizierung von Kreiselpumpen nach verschiedenen Kriterien und sind in der Lage, die Strömung in KP nach den gängigen Methoden zu berechnen. Damit sind sie auch in der Lage, KP für bestimmte Anwendungszwecke zu entwerfen und deren Betriebsverhalten zu beschreiben. Sie sind über die wichtigsten Spezifika von KP (Kavitation, instationäre Strömungszustände) informiert.

Description / Content English

After classifying the centrifugal pumps (CP) according to their specific speed, the possible pumped media are discussed in detail. Examples of centrifugal pump systems follow. With the help of the thermodynamic principles of centrifugal pumps, the energy conversion in centrifugal pump impellers is derived. The approaches for taking into account the reduced power factor and the losses that occur complete the calculation of the change of state of the flow and enable the design and calculation of centrifugal pumps and their components. After an overview of the treatment of cavitation, the calculation of pump and system characteristics is taught and the operation of pumps in various systems is considered. Typical applications are water supply and wastewater transport in the public supply network.

Learning objectives / skills English

The students learn about the mode of operation and energy conversion of centrifugal pumps in detail. They master the classification of centrifugal pumps according to various criteria and are able to calculate the flow in CP according to the common methods. They are thus also able to design CPs for specific application purposes and to describe their operating behaviour. They are informed about the most important specifics of CP (cavitation, unsteady flow conditions).

Literatur

see weblink below.



Kursname laut Prüfungsordnung**Laseroptische Messverfahren für reaktive Strömungsprozesse****Course title English**

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

Die Studierenden bearbeiten übungsaufgaben zum Inhalt der Vorlesung. Das erfolgreiche Abschneiden (Erreichen einer Mindestpunktzahl) berechtigt im Rahmen eines Vortrags zur Vorstellung einer aus der Literatur entnommenen wissenschaftlichen Arbeit zum Thema der Anwendung laserdiagnostischer Methoden in reaktiven Systemen.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung vermittelt zunächst einige Grundlagen der geometrischen Optik, der mikroskopischen Beschreibung von Atomen und Molekülen, sowie deren Absorptions- und Emissionsspektren. Dazu werden auch grundlegende Betrachtungen zur Quantenmechanik der Atome und Moleküle vermittelt, wie sie für ein Verständnis der später diskutierten optischen Messmethoden notwendig sind. Weiterhin werden der Aufbau und die Funktionsweise von Lasern und optischen Detektoren behandelt. Anschließend vermittelt die Vorlesung einen Einblick in verschiedene, vorwiegend Laser-basierter, Methoden zur berührungslosen optischen Diagnostik der Gas- oder Partikelphase in reaktiven Systemen und (in geringerem Umfang) Flüssigkeiten. Schwerpunkte sind die Diskussion anwendungsnaher Beispiele für die in-situ Messung von Temperatur, Spezies-spezifischer Stoffkonzentrationen, Partikeleigenschaften und Strömungsgeschwindigkeiten in reaktiven strömenden Medien. Hierbei wird die Signalerzeugung durch Streuprozesse (Rayleigh, Raman), Absorption, Laser-induzierte Fluoreszenz, Laser-induzierte Inkandeszenz, und nichtlinearer optischer Verfahren vorgestellt. Beispiele aus praktischen Anwendungsfeldern der Laserdiagnostik in Verbrennungsprozessen werden gegeben.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Vorlesung „Laseroptische Messverfahren in reaktiven Systemen“ versucht auf dem Stoff der Vorlesung „Quantitative bildgebende Messtechniken in Strömungen“ von Prof. Sebastian Kaiser aufzubauen. Der dort behandelte Stoff wird in Auszügen kurz wiederholt; es ist also nicht zwingend notwendig diese Vorlesung vorher gehört zu haben; sie bietet allerdings ein vertieftes Verständnis einiger Grundlagen der hier angebotenen Vorlesung.

Die Studierenden bekommen grundlegende Kenntnisse zur geometrischen und Wellenoptik vermittelt. Sie verstehen die Grundlagen (weitgehend basierend auf spektroskopischen Betrachtungen) und Anwendungen moderner laseroptischer Messverfahren für die Orts- und Zeitaufgelöste berührungslose Messung in reaktiven Strömungsprozessen. Sie verstehen die komplexen Zusammenhänge, die zur Auswahl von geeigneten Lichtquellen, Strahlanordnungen und Detektionskonzepten erforderlich sind.

Description / Content English

The lecture initially presents some basics on geometric optics and the microscopic treatment of atoms and molecules and their interaction with light, i.e., absorption and emission spectra. The latter means that – on a basic level of understanding – some fundamentals of quantum mechanics will be treated, that will lead to a better understanding of the laser diagnostic methods treated in later sections of the course. Furthermore, some basic knowledge on the physics and operation of various laser systems and detectors will be presented. Starting from there, the lecture provides an overview on various, mainly laser-based diagnostic methods for perturbation-free optical diagnostics in reactive systems aimed at the measurement of temperature,

concentration and particle properties in the gas and (to a much smaller extend) liquid phase. The emphasis is on practical examples for the in-situ measurement of temperature, species (and particle) concentration, particle size and flow velocity in reactive flows. The lecture discusses the relevant signal generation processes in Rayleigh, Raman, Absorption, Laser-induced Fluorescence, Laser-induced Incandescence, and nonlinear optical diagnostics. Examples in practical applications of laser diagnostics in mixing and combustion processes are discussed.

Learning objectives / skills English

The lecture „Laseroptische Messverfahren in reaktiven Systemen“ in some parts relies on the contents of the lecture „Quantitative bildgebende Messtechniken in Strömungen“, held by Prof. Sebastian Kaiser. Relevant parts of this lecture are recapitulated here. Therefore, it is not particularly relevant if this other lecture has not been attended; however, it may a somewhat deeper understanding of some technical details presented here. Students will obtain some basic knowledge in geometric and wave optics. They will also understand the basics spectroscopic background and applications of modern laser-spectroscopic diagnostics for the spatially and temporally resolved, perturbation-free measurement in reactive flow processes. They also will learn about the variety of light sources, detectors and beam configurations necessary for performing for setting up suitable diagnostic experiments.

Literatur

Von der Thematik der Vorlesung bzw. des gewählten Vortrages abhängig.
Depends on lecture topics and the chosen seminar talk.

Kursname laut Prüfungsordnung**Master-Arbeit (einschließlich Kolloquium)****Course title English**

Master-Thesis (including colloquium)

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 30 | WS/SS | Deutsch/Englisch | 1 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |

Prüfungsleistung

Prüfungsleistung: Durchführung, Dokumentation und Präsentation der Arbeit. Die Bewertung erfolgt durch zwei Prüfer.

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

Kursname laut Prüfungsordnung**Membrane Technology for Water Treatment****Course title English**

Membrane Technology for Water Treatment

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|---------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | WS | Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

Klausur (90 min.)

Mündliche Prüfung (30-60 min.)

Beschreibung / Inhalt Deutsch

- Druckgetriebenen Membranverfahren
- Elektrodialyse
- Transportphänomene an und durch Membranen
- Vor- / Nachbehandlung
- Hybride Prozesse
- Betrieb von Umkehrosmoseanlagen zur Entsalzung
- Fouling und Scaling
- Fallbeispiele von Membrananlagen

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind in der Lage, die Grundlagen der Membrantechnik (inkl. Transportphänomene an und durch Membranen, die speziellen Membraneigenschaften und die verschiedenen Membranprozesse mit ihren unterschiedlichen Aufbereitungszwecken) zu erläutern und zu beschreiben. Weiterhin sind die Studierenden dazu fähig, verschiedene Membranprozesse grundlegend zu dimensionieren.

Description / Content English

- Pressure driven membrane processes
- Electrodialysis,
- Transport phenomena to and across membranes,
- Pre- and post-treatment of water,
- Hybrid processes
- Operation of reverse osmosis plants for desalination
- Fouling and Scaling
- Case studies of membrane systems

Learning objectives / skills English

The students are able to explain and to describe the basics of membrane processes (incl. transport phenomena to and through membranes, membrane properties and various membrane processes with different treatment targets). Further on, students are able to design fundamentally different membrane processes.

Literatur

Synthetic Membrane Processes: Fundamentals and Water Applications

- Belfort

Academic Press Inc., Orlando (1984)

Basic Principles of Membrane Technology

- Mulder

Kluwer Academic Publisher (1991)

Reverse Osmosis Technology; Applications for High-Purity-Water Production

Ed.: B.S. Parekh

Marcel Dekker Inc, New York (1988)

Salt-Water Purification

K.S. Spiegler

Wiley&sons, Chichester (1962)

Winston Ho, W. S.; Sirkar, K. K.

Membrane Handbook

Chapman & Hall New York, London 1992

Membranverfahren - Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung

Thomas Melin

Springer-Verlag 2007, ISBN 3-540-00071-2

Richard W. Baker

Membrane Technology and Applications

John Wiley & Sons Ltd.2004, ISBN: 0-07-135440-9

Wang, Chen, Hung, Shamma (eds.)

Membrane and Desalination Technologies

Volume 13 – Handbook of Environmental Engineering

Springer 2011, ISBN: 978-1-58829-94

Kursname laut Prüfungsordnung**Moderne Energiesysteme****Course title English**

Modern Energy Systems

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch | 1 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Im Rahmen dieser Veranstaltung werden ausgewählte Energiesysteme stofflich, energetisch und hinsichtlich ihrer Kostenstrukturen bilanziert. über die Darstellung der Funktionsweise wichtiger Prozesse und energiewirtschaftlicher Zusammenhänge werden die erforderlichen Methoden vorgestellt, so dass man anhand praxisnaher Beispiele zu eigenen qualitativen und quantitativen Aussagen kommen kann. Die Vorlesung strebt das vertiefte Verständnis wichtiger komplexer Systeme der Energietechnik unter technischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten an.

Es werden u.a. moderne Konzepte fossil gefeuerter Kraftwerke (moderne Steinkohle-, Braunkohle- und GuD-Anlagen) und von Blockheizkraftwerken zur dezentralen Strom- und Wärmeversorgung (KWK) vorgestellt und bilanziert. Ein Kapitel behandelt die Brennstoffzelle. Des Weiteren werden der Aspekt der Energiespeicherung und die Methoden der Raumwärmeverteilung beleuchtet.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden kennen 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 Technologiefeld der Energietechnik bzw. der Energiewirtschaft.

Description / Content English

For selected modern energy systems, the balance will be made with respect to masses, energy and construction. The basic principles of operation of important processes and their economical context and consequences, the applicable methods of evaluation will be presented. Practical examples make qualitative and quantitative assessment possible. Main goal of the lecture is the recessed understanding of important and complex systems in energy technology under technical, economical and ecological aspects.

Concepts of modern fossil fired power plants (hard coal, brown coal, combined cycle) and also of combined heat and power units (CHP) for residential power and heat supply will be presented and balances will be explained. A further chapter describes fuel cell systems. Aspects of energy transport, storage as well as of domestic and district heating systems will be introduced.

Learning objectives / skills English

The students know technical energy systems for power and heat supply according to their actual state-of-the art and innovative R&D aspects as well. They will be able to judge even complex and new energy processes and systems with respect to economical aspects (process comparison) and have knowledge about achievable energy efficiency limits of conversion technologies. The students have in-depth knowledge in the field of energy technology.

Literatur

Vorlesungsskript

Kursname laut Prüfungsordnung**Nanopartikel Entstehungsvorgänge****Course title English**

Nano Particle Generation

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Veranstaltung beschäftigt sich detailliert mit den physikalisch-chemischen Grundlagen der Partikelbildung (Keimbildung, Wachstum, Ostwald-Reifung, Sinterung, Kondensation) und ihrer modellhaften Beschreibung. Im Wesentlichen werden die Synthese auf nasschemischem Weg (Sol-gel-Verfahren, Fällungsreaktionen u.a.), durch Gashasensynthese (homogene/heterogene Partikelbildung in der Gasphase, Spraypyrolyse u.a.) und durch physikalische Verfahren in ihren Grundlagen behandelt.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind in der Lage, die Modelle zur Partikelbildung sowie ihre physikalisch-chemischen Grundlagen zu erklären und zu bewerten.

Description / Content English

This lecture addresses a detailed description of the physico-chemical fundamentals of particle formation (nucleation, condensation, growth, Ostwald-ripening, sintering) and the common models. The background of different formation processes like wet synthesis (sol-gel techniques, precipitation), gas-phase synthesis (e.g. homogeneous and heterogeneous particle formation in the gas phase, spray pyrolysis) and physical techniques will be discussed.

Learning objectives / skills English

The students learn to explain and critically review the models of nano particle formation and their chemical and physical fundamentals.

Literatur

- G. Schmid (Hrsg.), Nanoparticles: From Theory to Application, Wiley-VCH, Weinheim 2003
- T. T. Kodas and M. Hampden-Smith, Aerosol processing of materials, Wiley-VCH, New York, 1999
- A. S. Edelstein and R. C. Cammarata (eds.), Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications, IOP, Bristol 1996

Kursname laut Prüfungsordnung**Nanopartikelprozesstechnik****Course title English**

Nanoparticle Process Technology

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch**Inhalt**

In einer Kombination aus Vorlesung und Projektpraktikum werden am Beispiel einer photovoltaischen Zelle auf Basis von nanokristallinem Titandioxid ('Graetzel-Zelle') wichtige Instrumente und Verfahren der Nanopartikel-Prozesstechnik erarbeitet. Dabei wird die gesamte Prozesskette von der Partikelsynthese bis zum Aufbau und Test der photovoltaischen Zelle praktisch durchgeführt.

Themen der Vorlesung

1. Einführung: Die Graetzel-Zelle
2. Synthese von nano-TiO₂
3. Struktur von nano-TiO₂
4. Sintern und Mikrostruktur von TiO₂
5. Kolloidchemie von TiO₂

Themen des Projektpraktikums

1. Synthese nanokristalliner Titandioxid-Pulver
2. Röntgenpulverdiffraktometrie von nanokristallinem Titandioxid
3. Oberflächen nanokristalliner keramischer Pulver
4. Kolloidchemie von nanokristallinem Titandioxid
5. Bau und Test einer Graetzel-Zelle
6. Bericht und Vorträge

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Lernziel ist das Verständnis relevanter physikalisch-chemischer Grundlagen für und ihre Anwendung in der Nanopartikel-Prozesstechnik. Die Studierenden sind in der Lage Synthese-, Verarbeitungs- und Charakterisierungsverfahren von Nanopartikeln vorzuschlagen und zu erklären und Prozessketten vom Ausgangsstoff bis zum Bauelement zu entwerfen.

Description / Content English**Content**

Using a combination of lecture and project labcourse important instruments and methods of nanoparticle process technology are demonstrated with photovoltaic cells based on nanocrystalline TiO₂ ('Graetzel-cell') as example. The complete process chain from particle synthesis up to the construction and characterization of the photovoltaic device is conducted by the students.

Topics of the lecture

1. Introduction: The Graetzel-cell
2. Synthesis of nano-TiO₂

- 3. Structure of nano-TiO₂
- 4. Sintering and microstructure of TiO₂
- 5. Colloidal Chemistry of TiO₂

Topics of the labcourse

- 1. Synthesis of nanocrystalline TiO₂ powder
- 2. X-ray diffraction of nanocrystalline TiO₂
- 3. Surfaces of nanocrystalline TiO₂ powder
- 4. Colloidal chemistry of nanocrystalline TiO₂
- 5. Construction and test of a Graetzel-cell
- 6. Report and presentation of the labcourse

Learning objectives / skills English

The students should comprehend the relevant physico-chemical fundamentals for and their application in nanoparticle process technology. They are able to suggest and explain methods for the synthesis, processing and characterization of nanoparticles and can draft process chains from precursors to the device.

Literatur

- M. Graetzel, Nature 414 (2001), 338
- M. Graetzel, MRS Bulletin 1/30 (2005), 23
- und weitere Originalliteratur

Kursname laut Prüfungsordnung**Nanotechnologie für Maschinenbauer und Verfahrenstechniker****Course title English**

Nano Technology for Mechanical Engineering

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | WS | Deutsch | 1 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Nanotechnologie stellt ein schnell wachsendes Gebiet in Wissenschaft und Technik dar. Es wird erwartet, daß die nanotechnologischen Konzepte sich in den nächsten Jahren und Jahrzehnten in vielen Anwendungen durchsetzen. Ziel dieser Vorlesung ist die Einführung von grundlegenden Konzepten der Nanotechnologie. Unter anderem werden die verschiedenen Nanostrukturen und deren Herstellungsverfahren, ihre Charakterisierung und die vielfältigen Eigenschaften, die sich zum Teil dramatisch von konventionellen Materialien unterscheiden, behandelt.

1. Einführung
2. Größeneffekte - Grenzflächenthermodynamik
3. Größeneffekte - Quantenmechanik
4. Herstellung - Molekularstrahlepitaxie
5. Herstellung - Lithographie
6. Herstellung – Kolloide / Aerosole
7. Verarbeitung - Sintern
8. Verarbeitung - Kolloide
9. Charakterisierung - Partikeloberfläche und Größe
10. Charakterisierung – Beugung und Spekroskopie
11. Charakterisierung – Mikroskopie und Rastersonden-Verfahren
12. Eigenschaften und Anwendungen - Mechanisch
13. Eigenschaften und Anwendungen - Magnetisch
14. Eigenschaften und Anwendungen - Ober- und Grenzflächen

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Studierende kennen die grundlegenden Größeneffekte, welche Eigenschaften mit ihnen verändert oder erzeugt werden können und in welchen Anwendungen entsprechende Nanostrukturen oder Nanomaterialien eingesetzt werden können. Die Studierenden sind vertraut mit Herstellungs- und Verarbeitungsmethoden von Nanostrukturen und Nanomaterialien sowie geeigneten Charakterisierungsmethoden.

Description / Content English

Nanotechnology is a fast growing topic in science and industrial application. It is expected that the nanotechnological concepts assert themselves in the next years and decades in many applications.

The lecture gives an introduction to the basic concepts of nanotechnology. Namely, the synthesis of different nano-structures/-materials, their characterisation and the dramatical change of their properties compared to conventional bulk materials.

1. Introduction

- 2. Size effects – thermodynamics of interfaces
- 3. Size effects – Quantum mechanics
- 4. Synthesis – Molecular beam epitaxy
- 5. Synthesis – Lithography
- 6. Synthesis – Colloids / aerosols
- 7. Processing – Sintering
- 8. Processing – Colloids
- 9. Characterization – Particelsurface and size
- 10. Characterization – Diffraction and spectroscopy
- 11. Characterization – Microscopy and scanning probe imaging techniques
- 12. Properties and Applications – Mechanical
- 13. Properties and Applications – Magnetic
- 14. Properties and Applications – Surfaces and Interfaces

Learning objectives / skills English

Students know the basic size effects, which properties can be changed with them or produced and in what applications corresponding nanostructures or nanomaterials can be used. The students are familiar with synthesis and processing methods of nanostructures and nanomaterials and appropriate characterization methods.

Literatur

A. S. Edelstein, R. C. Cammarata, \"Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications\", IOP, Bristol 1996 und

Aktuelle Original-Literatur

Kursname laut Prüfungsordnung**Numerics and Flow Simulation****Course title English**

Numerics and Flow Simulation

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 5 | SS | Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 2 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung vermittelt detailliertes Verständnis numerischer Verfahren zur Simulation strömungsmechanischer Probleme (CFD, computational fluid dynamics). Die Inhalte gliedern sich in zwei Teile:

Teil 1: mathematische Grundlagen der Lösung von Transport- und Erhaltungsgleichungen

- Interpolationsverfahren, numerische Integration und Differentiation
- Finite Volumen Diskretisierung konvektiver und diffusiver Flüsse, Zeitintegration
- Druck-Geschwindigkeits Kopplung
- 3D-CFD, Simulation der turbulenten Strömung mit Reynolds-gemittelter Gleichungen, Simulation der turbulenten Strömung mit Grobstruktur-Modellen (LES)

Teil 2: Einführung in die Simulationspraxis am Beispiel von OpenFOAM

- Integration der Strömungssimulation im CAE Prozess, Grundkonzepte von OpenFOAM
- Simulation turbulenter, inkompressibler Strömungen
- Simulation kompressibler, reibungsfreier und reibungsbehafteter Strömungen
- Programmierung von Löser-Erweiterungen

Die Übung im Teil 1 wird durch Programmierung von Matlab Programmen begleitet, im Teil 2 wird die Bedienung von OpenFOAM vermittelt.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Studierende die die Vorlesung erfolgreich besucht haben:

1. Kennen die Stärken und Schwächen numerischer Verfahren im Kontext der Strömungssimulation
2. Sind in der Lage numerische Verfahren angepasst an die Problemstellung auszuwählen
3. Erwerben Verständnis für Quellen numerischer Fehler die für strömungsmechanische Probleme besonders wichtig sind
4. Verstehen die Methoden und sind in der Lage einfache Programme zur Lösung partieller Differentialgleichungen mit einer höheren Programmiersprache zu erstellen
5. Können komplexe CFD Programme anwenden um technische Probleme zu Simulieren
6. Können die Software OpenFOAM installieren und anwenden
7. Können selbstständig einfache Löser-Erweiterungen für OpenFOAM programmieren

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: Introducton 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

Kursname laut Prüfungsordnung**Numerische Berechnungsmethoden für inkompressible Strömungen 2****Course title English****Computational Fluid Dynamics for Incompressible Flows 2**

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch/Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung befasst sich mit den Grundlagen der numerischen Berechnungsmethoden für inkompressible Strömungen.

Es erfolgt eine Einführung in die Turbulenzmodellierung, wobei die aktuell gebräuchlichen Modelle im Detail erläutert werden. Zusätzlich wird besonders auf schiffstechnisch relevante Themen wie Strömungen mit freien Oberflächen, Mehrphasenströmungen (Kavitation) und relativ bewegte Systeme bzw. Gitter sowie Parallelisierungen eingegangen.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind in der Lage, Methoden der numerischen Strömungsmechanik zu erläutern und anzuwenden. Sie sind fähig numerische Methoden für Problemstellungen im maritimen Bereich (turbulente Strömungen, Mehrphasenströmungen) selbständig auszuwählen und anzuwenden.

Description / Content English

The lecture deals with the basics of computational fluid dynamics for incompressible flows. An introduction is given to the modeling of turbulences, explaining the common models in detail. Additionally, particular emphasis is given to free surface flows, multiphase flows (cavitation), moving grids and parallel computing.

Learning objectives / skills English

The students are able to explain and apply the CFD methods. They are in a position to select and apply the appropriate tools to find a solution to common problems in the maritime sector (turbulent and multiphase flows).

Literatur

J. H. Ferziger, M. Peric: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer-Verlag, 2002

H. K. Versteeg, W. Malalasekera: An Introduction to Computational Fluid Dynamics, Pearson Education Limited, Second Edition, 2007

Kursname laut Prüfungsordnung**Objektorientierte Methoden der Modellbildung und Simulation****Course title English**

Object-oriented Modelling and Simulation Methods

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Unter Verwendung des Ansatzes der objektorientierten Modellbildung ist es möglich, Modelle komplexer Systeme mit verhältnismäßig wenig Aufwand zu erstellen und zu simulieren. Durch die daraus resultierende Kostensparnis wird dieser Ansatz im industriellen Umfeld immer populärer. Darüber hinaus sind die erstellten Modelle in der Regel sehr effizient, was den Einsatz bei virtuellen Inbetriebnahmen sowie in Simulatoren erlaubt. In dieser Vorlesung werden die Paradigmen der objekt-orientierten Modellbildung ebenso erklärt, wie notwendige Algorithmen zum Vereinfachen und Simulieren der entsprechenden Modelle.

Inhalte im Einzelnen:

- Begriffsbildung
- Grundlagen der Objekt-orientierte Modellierung - Symbolische Algorithmen für Generierung effizienter mathematischer Modelle
- Numerische Methoden für die Simulation von mathematischen Modellen

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden haben die Paradigmen der objekt-orientierten Modellbildung verstanden. Sie sind in der Lage die Folgen der Modellstruktur für die Gleichungsverarbeitung abzusehen und können somit unter Verwendung einer objekt-orientierten Modellierungssprache effiziente Modelle komplexer mechatronischer Systeme erstellen.

Die Übungen zu der Vorlesung werden als Rechnerübungen durchgeführt.

Dabei lernen die Studierenden Modelica-basierte Simulationstools (Dymola, OpenModelica) für die Modellbildung und Simulation komplexer Systeme zu verwenden.

Description / Content English

Object-oriented modeling allows for the generation of models of mechatronic systems in a relatively short period of time. Thus, object-oriented modeling became very popular in industry in the recent years.

Furthermore, the emerging models are usually very efficient and can hence be used for virtual commissioning and simulators. This lecture is dedicated to the paradigms of object-oriented modeling as well as to required symbolic and numeric algorithms.

The contents are in particular:

- Definitions
- Basics of object-oriented modeling
- Numeric algorithms for the simulation of mathematical models

Learning objectives / skills English

The participants have understood the paradigms of object-oriented modeling. They have been put in the position to foresee the consequences of the model structure inside the symbolic and numeric algorithms. Furthermore, they are able to generate efficient models of complex mechatronic systems using an object-oriented modeling language.

The exercises will be a computer-based. The participants will learn how to work with modern Modelica-based simulation-tools (Dymola, OpenModelica).

Literatur

Kursname laut Prüfungsordnung**Planung, Bau und Betrieb von Chemieanlagen****Course title English**

Design, Engineering and Operation of Chemical Plants

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Hauptanwendungsbereiche für Ingenieure in der chemischen Industrie sind die Planung und Bau sowie der sichere Betrieb von Chemieanlagen. Die vorliegende Vorlesung befasst sich daher mit wesentlichen Aspekten aus beiden Bereichen, wobei neben theoretischen Konzepten ein besonderer Schwerpunkt auf praxisrelevanten Arbeitsmethoden liegt. Im Einzelnen werden die Planungsunterlagen (z.B. diverse Fließbildtypen), die verschiedenen Typen von Chemieanlagen, die notwendigen Infrastruktur, die Planung einer Anlage von der Prozesssynthese über die Aufstellungsplanung bis zur Wirtschaftlichkeitsrechnung sowie der Betrieb und die Optimierung von Chemieanlagen angesprochen.

Begleitend zur Vorlesung wird eine Übung angeboten, in der bestimmte Teilbereiche vertieft werden. Zudem lernen die Teilnehmer im Rahmen einer Exkursion zu einem Chemiepark in der näheren Umgebung die Arbeitsweise eines Ingenieurs und einen typischen Planungsprozess in der Industrie kennen.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden kennen die theoretischen Konzepte und praxisrelevanten Arbeitsmethoden bei der Planung und dem Bau von Chemie-Anlagen und können die notwendigen Planungsunterlagen (z.B. diverse Fließbildtypen, Aufstellungspläne, ...) erstellen. Sie sind in der Lage, systematisch die verschiedenen Arbeitsschritte bei der Planung einer Anlage von der Prozesssynthese über die Aufstellungsplanung bis zur Wirtschaftlichkeitsrechnung durchzuführen.

Description / Content English

Most engineers in chemical industry work in two fields. One is planning and building of plants, the other is the safe running and maintaining of these plants. The lecture deals with both aspects, focussing on theoretical concepts as well as on practical working methods. In detail topics like planning documents (e.g. different types of flowsheets), types of chemical plants and the necessary infrastructure are discussed. The planning process from process synthesis to plant layout, piping and economic feasibility studies is described. In addition exercises for special topics and an excursion to a chemical site in the river Ruhr area are offered.

Learning objectives / skills English

The students get to know theoretical concepts and practical working methods in the field of planning, building and running of chemical plants. They can create the necessary documents like flowsheets, layout plans and so on. In addition they are able to execute the steps of the planning process in a systematic way.

Literatur

Ignatowitz / Fastert, Chemietechnik, Europa Lehrmittelverlag, Haan, 2007

Onken / Behr, Lehrbuch der techn. Chemie Bd. 3 Chemische Prozesskunde, Thieme-Verlag, Stuttgart, 1996

Schembecker, Prozesssynthese in Gödecke (Hrsg.), Fluidverfahrenstechnik Bd. 1, Wiley-VCH, 2006

Smith, Chemical Process Design, McGraw-Hill, New York, 1995

| | | | |
|--|------------------|------------------------------|---------------------|
| Kursname laut Prüfungsordnung | | | |
| Practical Course Water Technology | | | |
| Course title English | | | |
| Practical Course Water Technology | | | |
| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
| 5 | SS | Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| | | 3 | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Das Praktikum umfasst Versuche zu folgenden Themen:

- Flockung
- Schnellfiltration
- Membranfiltration
- Adsorptionsgleichgewicht
- Adsorptionskinetik
- Dichtebestimmung von Aktivkohlen

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

In praktischen Versuchen an Versuchsanlagen im Labormaßstab wenden die Studierenden das theoretisch angeeignete Wissen zu verschiedenen Prozessen der Wasseraufbereitung an. Die Studierenden sind in der Lage, Versuche an Anlagen zur Wasseraufbereitung durchzuführen, Messdaten zu erfassen, auszuwerten und zu interpretieren.

Description / Content English

The lab water technology includes experiments with the following topics:

- Flocculation
- Rapid sand filtration
- Membrane filtration
- Adsorption equilibrium
- Adsorption kinetics
- Densities of activated carbons

Learning objectives / skills English

Students use their theoretical knowledge of different water treatment processes to carry out experiments using lab-scale pilot plants. They are able to record measurement values, to process and evaluate the recorded data.

Literatur

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung: BGI-GUV 850-0: Working Safely in Laboratories – Basic Principles and Guidelines

Bender, H.F. (2011): Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen, 4. Auflage, Wiley VCH, Weinheim, Germany

Bandosz, T.J. [editor] (2005): Activated Carbon Surfaces in Environmental Remediation, Elsevier, New York, London

Bansal, R.C., Goyal, M. (2005): Activated Carbon Adsorption, CRC Press, Boca Raton, London, New York, Singapore

Bathen, D., Breitbach, M. (2001): Adsorptionstechnik, Springer Verlag, Heidelberg, New York

Sontheimer, H., Crittenden, J.C., Frick, B.R., Fettig, J., Hörner, G., Hubele, C., Zimmer, G. (1988): Activated Carbon for Water Treatment, DVGW Forschungsstelle, Engler-Bunte-Institut Universität Karlsruhe

Worch, E. (2012): Adsorption Technology in Water Treatment - Fundamentals, Processes and Modelling, Walter de Gruyter GmbH, Berlin, Boston

Baker, R.W. (2012): Membrane Technology and Applications, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK

Melin, T. Rautenbach, R. (2007): Membranverfahren, Grundlagen der Modul- und Anlagenauslegung, Springer, Berlin, Heidelberg

Bratby, J. (2008): Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment, IWA Publishing, London

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs: DVGW Arbeitsblätter W 217 und W 218: Flockung in der Wasseraufbereitung

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs: DVGW Lehr- und Handbuch Wasserversorgung Band 6: Wasseraufbereitung – Grundlagen und Verfahren

| Kursname laut Prüfungsordnung | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| Praktikum Energietechnik | | | |
| Course title English | | | |
| Lab Energy Technology | | | |
| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
| 4 | SS | Deutsch/Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| | | 3 | |

| |
|---|
| Prüfungsleistung |
| Versuchsauswertung, Bericht und Abschlusspräsentation |

| |
|---|
| Beschreibung / Inhalt Deutsch |
| Das individuell zu vereinbarenden Praktikum lässt Studierende unmittelbar Forschungsarbeiten am Lehrstuhl Energietechnik begleiten. Die Arbeit (Experimente, Computersimulationen, Literaturauswertung oder Erstellung von Studien) wird unter Anleitung eines jungen Wissenschaftlers durchgeführt. Das Ergebniss wird in Form einer kurzen schriftlichen Arbeit zusammengefasst und in einem Vortrag vorgestellt. |
| Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch |
| Der Student lernt die Durchführung wissenschaftlicher Experimente oder Simulationen und ihre Auswertung anhand aktueller Forschungsthemen kennen, übt das Erstellen wissenschaftlicher Berichte und ihre Darstellung im Vortrag. |

| |
|---|
| Description / Content English |
| The individually arranged exercise allows students to accompany actual R&D projects. The work (experiments, computer simulations, literature work or preparation of studies) will be carried out under the supervision of young scientists. The student will summary the results in a short report and give an oral presentation as well. |
| Learning objectives / skills English |
| The student learns how to carry out and evaluate experiments or simulations realted to actual scientific projects, and exercises to write scientific short reports and to give oral presentations. |

| |
|--|
| Literatur |
| Individuell, je nach aktuellem Forschungsthema |

Kursname laut Prüfungsordnung**Praktikum zur Verbrennung und Thermodynamik****Course title English**

Practical course on combustion and thermodynamics

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|---------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | WS/SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| | | 3 | |

Prüfungsleistung

Die Studierenden beschreiben Grundlagen, Arbeit und Ergebnisse in Form einer kurzen wissenschaftlichen Arbeit und stellen ihre Arbeit im Rahmen eines Seminarvortrages zur Diskussion.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Ein individuelles, an die in den Lehrstühlen laufende Forschung angelehntes, Forschungsprojekt wird den Studierenden zur eigenständigen von einem Wissenschaftler betreuten Arbeit gestellt. Die Studierenden bearbeiten die Aufgabe, recherchieren, beschreiben Grundlagen, Arbeit und Ergebnisse und stellen ihre Arbeit im Rahmen eines Seminarvortrages zur Diskussion.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden erlernen das eigenständige experimentelle Arbeiten in modern ausgestatteten Forschungslabatorien. Sie beschäftigen sich mit der Literaturrecherche, erlernen das Verfassen eines Forschungsberichts und die Präsentation von Forschungsergebnissen.

Description / Content English

The student will work on an individual small research project in the lab of the chosen research group. The scientific project will be conducted independently by the student under the supervision of an experienced scientist. The work includes literature search, practical lab work or computer-based simulations. The student describes the research and its results as well as the underlying background and the used equipment and strategies in a short thesis and presents his work in a seminar.

Learning objectives / skills English

The students get an introduction into independent research in modern well equipped research labs. They learn how to find information by literature search and how to present scientific results in a written form and in an oral presentation. They participate in a scientific discussion within a seminar.

Literatur

Von der Thematik der gewählten Arbeit abhängig

| Kursname laut Prüfungsordnung | | | |
|--|-----------|-----------------------|--------------|
| Praktikum zur Verfahrens- und Anlagentechnik | | | |
| Course title English | | | |
| Laboratory Experiments in Chemical Process Engineering | | | |
| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
| 4 | WS/SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| | | 3 | |

Prüfungsleistung

Einführendes Kolloquium

Versuchsprotokolle mit Auswertung und Diskussion der experimentellen Ergebnisse

Abschlusskolloquium

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Praktikumsversuche im Labor

- Adsorptive Entfeuchtung von Luft
- Charakterisierung von Adsorbentien
- Absorption und Desorption von CO₂
- Flüssig-flüssig Extraktion im Kreuzstrom
- Kontinuierliche Rektifikation eines binären Gemisches

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studenten können selbständig Experimente zu verfahrenstechnischen Grundoperationen durchführen und auswerten.

Description / Content English

Practical training in laboratory experiments

- Dehumidification of air by adsorption
- Characterization of adsorbents
- Absorption and desorption of CO₂
- Cross-flow liquid-liquid extraction
- Continuous rectification of a binary mixture

Learning objectives / skills English

Students can perform and analyse experiments on chemical unit operations on their own.

Literatur

Klaus Sattler

Thermische Trennverfahren

Wiley-VCH, 3. Auflage (2001)

Ernst-Ulrich Schlünder, Franz Thurner

Destillation, Absorption, Extraktion

Vieweg Verlag (1998)

J.D. Seader, E.J. Henley

Separation Process Principles

John Wiley & Sons, 2. Auflage (2006)

R. Goedecke (Hrsg.)
Fluidverfahrenstechnik
Wiley VCH Verlag (2006)

Kursname laut Prüfungsordnung**Quantitative bildgebende Messtechniken in Strömungen****Course title English**

Quantitative Imaging in Flows

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

Schriftliche und mündliche Präsentation der Laborversuche

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung behandelt bildgebende Messtechniken, die in Strömungen eingesetzt werden können, um quantitativ und berührungslos physikalische und chemische Eigenschaften ab zu bilden. Z.B. kann mit der laserinduzierten Fluoreszenz (LIF) die Kraftstoffkonzentration in einem Motor vermessen werden. Messprinzipien, Hardware (z.B. Kameratechnologie), und Datenverarbeitung werden erläutert. Im begleitenden Praktikum (separat aufgeführte Veranstaltung) bauen die Studenten einen klassischen Versuch der turbulenten Strömungslehre auf, führen ihn durch, und werten die Ergebnisse aus: 2D-Messung des Konzentrationsfeldes im turbulenten Freistrahrl. Die Studenten dokumentieren Vorgehen und Ergebnisse in einem Praktikumsbericht.

Inhalte:

Vorlesung und übung:

- 1) Warum laser-basierte Messmethoden in Strömungen?
- Vorführen eines typischen Experimentes im Labor.
- 2) Bildgebende Strömungsmessung: Methoden, Anwendungen, Beispiele
- 3) Einfache Optik: Strahlenoptik, Polarisation, Interferenz, Filter
- 4) Laser: Physik, Laserarten, Baugruppen, LEDs.
- 5) Bildformung: Auflösung, Objektive, Abbildungsfehler.
- 6) Kameras und Detektoren: CCD, ICCD, CMOS, Photodiode, PMT. Sensorgüte und Rauschen.
- 7) Bildverarbeitung: Photometrie, Filtern, Statistische Analyse.

Praktikum (Fluoreszenz-basierte Abbildung eines turbulenten Freistrahls):

Literaturüberblick

Aufbau des Experimentes

Datenerfassung, Bearbeitung und Auswertung

Bericht

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden verstehen die Grundlagen und Anwendungen quantitativer bildgebender Messverfahren in reaktiven Strömungen, insbesondere die dazu gehörigen Technologien wie Kamerasysteme und Lichtquellen. Sie können grundlegende Parameter der Bildgebung in typischen Anwendungen abschätzen.

Description / Content English

This class discusses two-dimensional measurement techniques, which can be used to quantitatively and non-intrusively image physical and chemical properties in flows. For example, laser-induced fluorescence (LIF) can image the fuel concentration in the cylinder of an automotive engine. Measurement techniques, hardware (for example, camera technology), and image processing are discussed. In the accompanying lab (listed separately), students will set up and evaluate a classic experiment of turbulent fluid dynamics: a 2D measurement of the

instantaneous concentration in a turbulent free jet. The students document experiment and result in a lab report.

Syllabus:

Lecture and problem session:

1) Why use laser-based imaging in (reacting) flows?

Demonstration of a typical experiment in the lab.

2) Flow-imaging diagnostics: Method, applications, example.

3) Basic optics: Geometric optics, polarization, interference, filters.

4) Lasers: Physics, classes of lasers, laser components. LEDs.

5) Imaging: Resolution, lenses for imaging, aberrations.

6) Cameras and detectors: CCD, ICCD, CMOS, Photodiode, PMT. Sensor performance and noise.

7) Image processing: Photometric processing, filtering, statistical analysis

Laboratory (Fluorescence imaging in a turbulent jet):

Review literature

Set up experiment

Acquire, process, and evaluate data

Write report

Learning objectives / skills English

The students understand the fundamentals and applications of quantitative imaging techniques for spatially resolved measurements in reacting flows, in particular the corresponding technologies like cameras and light sources. They are able to estimate basic parameters of imaging for typical applications.

Literatur

Eckbreth, Laser diagnostics for combustion temperature and species, Gordon and Breach, Amsterdam, 1996

Demtröder, Laserspektroskopie. Grundlagen und Techniken, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2000

Kursname laut Prüfungsordnung**Regenerative Energietechnik 1****Course title English****Renewable Energy Technology 1**

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

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.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

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.

Description / Content English

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.

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

Kursname laut Prüfungsordnung**Regenerative Energietechnik 2****Course title English****Renewable Energy Technology 2**

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

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), Meeressenergie (Leistung von Wasserwellen, Meereströmungskraftwerke), Gezeitenenergie (Entstehung von Ebbe und Flut, Gezeitenkraftwerke) und der Geothermie (oberflächennahe und hydrothermale Erdwärmennutzung, 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

Kursname laut Prüfungsordnung**Rheologie und Rheometrie von Flüssigkeiten und Suspensionen****Course title English**

Rheology and Rheometry of Liquids and Suspensions and Suspensions

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 3 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Kolloidale Produkte begegnen uns täglich im Alltag und sind essentieller Bestandteil neuer und nachhaltiger Technologien. Für deren Beherrschung ist ein grundlegendes Verständnis von deren Fließverhalten erforderlich.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Studierende verstehen nach dem Besuch der Vorlesung hydrodynamische Effekte im Fließverhalten nicht-kolloidaler Teilchen und können ausgehend von diesen das Fließverhalten harter Kugeln sowie das Fließverhalten realer Dispersionen, d.h. in Anwesenheit von repulsiven und attraktiven Wechselwirkungen interpretieren. Grundlagen zu zeitabhängigen rheologischen Effekten (Thixotropie) sind bekannt. Die Studierenden kennen die zugehörigen Messmethoden und können diese hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile sowie hinsichtlich der Systemspezifischen Randbedingungen miteinander vergleichen.

Description / Content English

Colloidal products are omnipresent in our daily life but also essential for new and sustainable technologies. For mastering them, an in-depth understanding of their flow behaviour is required.

Learning objectives / skills English

After visiting the lecture, students understand hydrodynamic effects in the flow of non-colloidal particles and can use this as starting point to interpret the flow of hard spheres and real dispersions, i.e., in the presence of repulsive and attractive interactions. Basics of time-dependent rheological effects (thixotropy) are known. The students know about the related measurement techniques and are able to discuss them with regard to their advantages and disadvantages as well as with regard to their system-specific boundary conditions.

Literatur

- Mewis, N.J. Wagner: Colloidal suspension rheology, Cambridge University Press, 2012
- Irgens: Rheology and Non-Newtonian Fluids, Springer, 2014
- Lerche, R. Miller, M. Schäffler: Dispersionseigenschaften 2D-Rheologie, 3D-Rheologie, Stabilität, Eigenverlag Berlin-Potsdam, 2015
- Worthoff: Technische Rheologie, WILEY-VCH, Weinheim
- G. Mezger: Das Rheologiehandbuch, Vincentz Network, 2016
- A. Osswald: Polymer Rheology, Hanser Publishers, Munich
- N. Israelachvili: Intermolecular and surface forces, Academic press, 2011

Kursname laut Prüfungsordnung**Sektorenkopplung****Course title English**

Sector Coupling

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Sektorenkopplung kann als die fortgeschrittene Phase der Energiewende bezeichnet werden. Dabei konzentrieren sich die Aspekte der Dekarbonisierung und Flexibilität nicht nur auf den Stromsektor, sondern erstrecken sich auch auf den Transport-, Wärme- und Industrie-/Chemiesektor. In diesem Zusammenhang beschreibt die „Sektorenkopplung“ die weitere Verlagerung von fossilen zu erneuerbaren Brennstoffen, indem der Primärenergiebedarf verändert und der endgültige CO₂-Fußabdruck von Energie in mehreren Sektoren beeinflusst wird. Diese Vorlesung bietet einen Überblick über die technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen der Kopplung von Strom, Wärme und Brennstoffen für eine kohlenstoffarme Wirtschaft unter dem Namen Power-to-X-Technologien. Auf dieser Grundlage werden die theoretischen Grundlagen und eine Übersicht von Power-to-Power, Power-to-Heat und Power-to-Fuel Technologien auf dem neuesten Stand der Technik analysiert.

Vorlesungsmodule und Schwerpunkte (12 Vorlesungen im Wintersemester):

- Vorlesungsmodul 1: Einleitung in Sektorenkopplung

o 1.1 Definition von Power-to-X

o 1.2 Einführung in Power-to-X-Technologien

- Vorlesungsmodul 2: Power-to-Power-Technologien:

o 2.1 Batterien,

o 2.2 Topping cycles

o 2.3 Brennstoffzellen

o 2.4 Technoökonomische Analyse von Pumped Hydro, Druckluftspeicher und Flüssigluftspeicher

- Vorlesungsmodul 3: Power-to-Heat-Technologien

o 3.1 Grundlagen der Wärmespeicherung

o 3.2 Wärmepumpen

- Vorlesungsmodul 4: Power-to-Fuel und Power-to-Chemicals-Technologien

o 4.1 H₂-Produktion

o 4.2 CO₂-Abscheidung und -Handhabung

o 4.3 Kraftstoffsynthese

o 4.4 Gesetzgebung-Sektorenkopplung-REDII

o 4.5 Lebenszyklusanalyse und Berechnung des CO₂-Fußabdrucks

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden können alle Arten von Power-to-X-Technologien sowie ihre Anwendungsbereiche in der Industrie kennenlernen. Sie werden in der Lage sein, technooökonomische Aspekte dieser Technologien zu bewerten und den CO₂-Fußabdruck des Endprodukts zu berechnen.

Description / Content English

Sector coupling can be described as the advanced phase of energy transition, also known as Energiewende, where decarbonisation and flexibility aspects does not solely focus on power sector but are extended into the transport, heat and industry / chemical sector. In this regard „sector coupling“ describes the further shift from fossil fuels to renewable ones by changing the primary energy demand and impacting on the final carbon footprint of energy in multiple sectors. This lecture provides an overview of the technical and economic challenges of coupling electricity, heat, and fuels towards a low-carbon economy under the name Power-to-X technologies. On this basis, the fundamental principles and review of power-to-power, power-to-heat and power-to-fuel state of the art technologies are analysed in detail.

Lecture modules and topics (12 Lectures in the winter semester):

- Lecture Module 1: Introduction to Sector Coupling
 - o 1.1 Definition of Power-to-X
 - o 1.2 Introduction to Power to X Technologies
- Lecture Module 2: Power-to-Power Technologies:
 - o 2.1 Batteries,
 - o 2.2 Topping of existing cycles
 - o 2.3 Fuel Cells
- o 2.4 Techno-economic analysis of Pumped Hydro, Compressed Air Energy Storage and Liquid Air Energy Storage
- Lecture Module 3: Power-to-Heat Technologies
 - o 3.1 Heat Storage basics
 - o 3.2 Heat Pumps
- Lecture Module 4: Power to Fuel and Power to Chemicals Technologies
 - o 4.1 H2 production
 - o 4.2 CO2 capture and handling
 - o 4.3 Fuel Synthesis
 - o 4.4 Legislation-Sector Coupling-REDII
 - o 4.5 Life Cycle Analysis and Carbon footprint calculation

Learning objectives / skills English

The students will be able to know all types of Power-to-X technologies as well as their fields of application in industry. They are able to assess techno-economic aspects of these technologies and calculate the carbon footprint of the final product.

Literatur

WHITE PAPER Sector Coupling: Concepts, State-of-the-art and Perspectives, Marie Münster, Daniel Møller Sneum, Rasmus Bramstoft, Fabian Bühler and Brian Elmegaard, Spyros Giannelos, Xi Zhang and Goran Strbac, Mathias Berger and David Radu, Damian Elsaesser and Alexandre Oudalov, Antonio Iliceto, ETIP SNET 2020, <https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2020/02/ETIP-SNET-Sector-Coupling-Concepts-state-of-the-art-and-perspectives-WG1.pdf>

Energiewende "Made in Germany", Low Carbon Electricity Sector Reform in the European Context Christian von Hirschhausen, Clemens Gerbaulet, Claudia Kemfert, Casimir Lorenz, Pao-Yu Oei, Springer Nature Switzerland AG 2018, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95126-3>

Elektromobilität und Sektorenkopplung, Infrastruktur- und Systemkomponenten, Komarnicki Przemyslaw, Haubrock Jens, Styczynski Zbigniew A, Springer Vieweg 2020, ISBN 978-3-662-62036-6

Agora Energiewende. 2018. Energiewende 2030: The Big Picture – Megatrends, Targets, Strategies and a 10-Point Agenda for the Second Phase of Germany's Energy Transition. Impulse. Berlin.

Agora Energiewende, and Agora Verkehrswende. 2018. The Future Cost of Electricity-Based Synthetic Fuels. Study. Berlin.

| Kursname laut Prüfungsordnung | | | |
|---|-----------|-----------------------|--------------|
| Stationäre Prozesssimulation | | | |
| Course title English | | | |
| Steady-State Process Simulation | | | |
| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
| 4 | WS/SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 1 | 2 | | |
| Prüfungsleistung | | | |
| Abgabepflichtige Selbstrechenübungen mit Aspen Plus | | | |

| |
|--|
| Beschreibung / Inhalt Deutsch |
| 1. Einführung |
| 2. Grundlagen der Simulationstechnik |
| - sequentielle Simulation |
| - gleichungsorientierte Simulation |
| 3. Bilanzierung verfahrenstechnischer Prozesse |
| - Massen- und Energiebilanzen |
| - Gleichgewichts- und Nichtgleichgewichtsmodelle |
| - mehrstufige Apparate |
| - Kreisprozesse und Rückführungen |
| - Fließbilder |
| 4. Stoffdaten und Abschätzmethoden |
| - kalorische Daten |
| - thermische Zustandsgleichungen |
| - Aktivitätskoeffizientenmodelle |
| 5. Apparate-Modelle (Unit Operations) |
| 6. Simulation von Trennkolonnen und Reaktoren |
| - einfache Rektifikation und Absorption |
| - komplexe Trennprozesse |
| - Gesamtprozess mit Reaktion und Trennung |

| |
|---|
| Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch |
| Die Studenten beherrschen die Grundlagen der stationären Prozesssimulation und können diese an einem in der Industrie etablierten Standard-Software-Paket (Aspen Plus) anwenden. Sie sind in der Lage, Fließbilder zu entwickeln und die implementierten Apparate- und Stoffmodelle einzusetzen. Darüber hinaus sind sie zu einer kritischen Beurteilung der Qualität der Simulationsergebnisse befähigt. |

| |
|--|
| Description / Content English |
| 1. Introduction |
| 2. Fundamentals of chemical process simulation |
| - Sequential simulation |

- Equation-oriented simulation

3. Balancing of chemical processes

- Mass and energy balances
- Equilibrium and nonequilibrium models
- Multi-stage processes
- Cycle processes und recycles
- Flow charts

4. Thermophysical properties and methods of estimation

- Caloric data
- Equations of state
- Activity coefficient models

5. Unit operations

6. Simulation of columns and reactors

- Simple rectification and absorption
- Complex separation processes
- Total process with reaction and separation

Learning objectives / skills English

The students know the fundamentals of chemical process simulation and they are able to perform simulations with the industrial standard software package Aspen Plus. They are able to develop flow charts and to use the implemented models and thermodynamic estimation methods. Moreover, the students are qualified to a critical evaluation of the quality of simulation results.

Literatur

Klaus Sattler
Thermische Trennverfahren
Wiley-VCH, 3. Auflage (2001)

J.D. Seader, E.J. Henley
Separation Process Principles
John Wiley & Sons, 2. Auflage (2006)

Ullmann's Modeling and Simulation
Wiley-VCH(2007)

J. Ingham, I. J. Dunn, E. Heinze, J. E. Prenosil, J. B. Snape Chemical Engineering Dynamics - An Introduction to Modeling and Computer Simulation
Wiley-VCH, 2. Aufl. (2007)

AspenPlus User Manuals

Kursname laut Prüfungsordnung

Strömungsmaschinen

Course title English

Fluid Machines

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch | 1 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung Strömungsmaschinen (SM) baut auf der Vorlesung Wärmekraft- und Arbeitsmaschinen des Bachelor-Studienganges Maschinenbau auf. Weiterführend werden in der Vorlesung SM unterschiedliche Maschinentypen und ihre Auslegungen besprochen. Die zwei- und die dreidimensionale Strömung in SM wird ausführlich erläutert und diskutiert. Zusätzlich wird das Betriebsverhalten und die Betriebsweise der Strömungsmaschinentypen vertieft und es werden verschiedene Regelungsmöglichkeiten behandelt. Die Einsatzgebiete der Maschinen in Solarkraftwerken, Geothermie-, Gezeitenkraftwerken, Förderung von Medien in verfahrenstechnischen Anlagen, Brennstoffzellen, mechanischen und thermischen Speicherkraftwerken (Pumpspeicherkraftwerke, Carnot Batterie), Wasserstoff und Methan Förderung in Pipelines und der Wasser- und Abwasserförderung und der Gas- und Dampfkraftwerke werden diskutiert.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden lernen die Theorie der zwei- und dreidimensionalen Strömung kennen und können die Grundlagen dieser Theorie auf die verschiedenen Maschinenarten anwenden. Sie verstehen die unterschiedlichen Formen der Auslegung der Maschinen im Detail und haben ein vertieftes Verständnis für das Verhalten der Maschinen durch die Interpretation der Kennfelder. Neben den unterschiedlichen Betriebsarten werden die Studierenden befähigt die Grundlagen des Betriebsverhaltens und der Regelung von Strömungsmaschinen anzuwenden.

Description / Content English

The lecture Fluid Machinery (SM) builds on the lecture Thermal Power and Working Machines of the Bachelor's programme in Mechanical Engineering. Different types of machines and their designs are discussed in the SM lecture. The two- and three-dimensional flow in SM is explained and discussed in detail. In addition, the operating behaviour and mode of operation of the flow machine types are discussed in depth and various control options are dealt with. The application areas of the machines in solar power plants, geothermal and tidal power plants, pumping of media in process engineering plants, fuel cells, mechanical and thermal storage power plants (pumped storage power plants, Carnot battery), hydrogen and methane pumping in pipelines and water and waste water pumping and gas and steam power plants are discussed.

Learning objectives / skills English

The students learn about the theory of two- and three-dimensional flow and can apply the basics of this theory to the different types of machines. They understand the different forms of machine design in detail and have a deeper understanding of the behaviour of the machines through the interpretation of the characteristic diagrams. In addition to the different types of operation, the students are enabled to apply the basics of the operating behaviour and control of fluid flow machines.

Literatur

see weblink below.

Kursname laut Prüfungsordnung**Thermische Systeme: Analyse, Modellierung und Design****Course title English**

Thermal Systems: Analysis, Modeling and Design

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 1 | 2 | | |

Prüfungsleistung

Die Prüfungsleistung besteht aus drei Hausaufgaben, die aus je einer Analyse, einer Modellbildung und einem Designvorschlag für ein einfaches thermisches System bestehen. Es wird neben dem Schreiben eines Computerprogramms (in einer wählbaren Programmiersprache: Python, MATLAB, C++, Fortran), ein kurzer Text mit Erläuterungen des Programms und einer Interpretation der Ergebnisse erwartet. Diese werden benotet, hieraus ergeben sich 70% der Gesamtnote.

Eine Mündliche Prüfung von ca. 30 min. über die drei Hausaufgaben ergeben die weiteren 30% der Gesamtnote.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Veranstaltung bespricht anhand exemplarischer Beispiele (u.a. Wärmeübertragernetzwerk, Wärmespeicher, thermische Behandlung von Werkstoffen) die Analyse thermischer Systeme im Hinblick auf die erzeugte Entropie bzw. den Exnergieverlust im Hinblick auf erforderliche Randbedingungen. Die Modellbildung solcher Systeme wird beginnend mit der stationären Modellierung über die instationäre- bis hin zur eindimensional-instationären Modellierung im Hinblick auf die Parameteranalyse, Sensitivität auf verschiedene Parameter, bis hin zum akzeptablen Design besprochen und von den Studierenden durchgeführt. Ausgehend vom akzeptablen Design wird die Parameteroptimierung im Hinblick auf ein optimales Design behandelt.

Die Veranstaltung beinhaltet einen großen Teil Computer-übungen, in denen die praktische Umsetzung der erlernten Methoden im Vordergrund steht.

Inhalt:

- Einführung
- Python, eine objektorientierte Skriptsprache und ihr Einsatz bei wissenschaftlich-technischen Problemstellungen
- Analyse und Modellierung thermischer Systeme
- Design thermischer Systeme: akzeptables Design
- Entropieproduktion als Kriterium zur Beurteilung thermischer Systeme
- Ausblick: Design thermischer Systeme: optimales Design
- Ausblick: ökonomische Erwägungen
- Zusammenfassung

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Der/Die Studierende kennt nach erfolgreicher Teilnahme der Veranstaltung die wichtigsten Kriterien zur Auslegung und zum Design thermischer Systeme und kann sie aktiv auf vorliegende Problemstellungen anwenden. Er/Sie hat die Bedeutung der mathematischen Modellbildung verstanden und ist in der Lage für eine gegebene Aufgabe zu entscheiden, welche Art von Modell (Dimensionalität) zur ausreichenden Beschreibung notwendig ist. Er/Sie ist in der Lage ein entsprechendes Modell zunächst mathematisch zu formulieren und es dann in eine Computersprache (in der Regel Python/Numpy/SciPy) zu übertragen, sowie Parameterstudien daran durchzuführen. Den Studierenden ist der Weg vom akzeptablen zum optimalen Design bekannt und er/sie ist in der Lage ein Modell so zu formulieren, dass es mit gebräuchlichen Optimierungsroutinen unter Einhaltung vorgegebener Parameterbereiche optimiert werden kann.

Neben den rein thermodynamischen Optimierungskriterien (Entropieerzeugungs-Minimierung, Pinch Methode) ist auch die Bedeutung der Optimierung anhand ökonomischer Kriterien bekannt.

Description / Content English

Within the lecture exemplary examples (like heat transfer systems, heat storage, thermal treatment of material) for the analysis of thermal systems with regard to the produced entropy or the exergy loss with regard to the necessary boundary conditions. The modelling of those systems is started by discussing the stationary modelling via instationär- up to the one dimensional-instationär modelling with regard to parameter analysis, sensitivity on different parameters, up to an acceptable design, and then performing it by the students. Based on the acceptable design the parameter optimization with regard to optimal design is handled. The lecture contains a huge part of computer-exercise, where the practical implementation of the gained knowledge are paramounted.

Contents:

- Introduction
- Entropy production as criterion for the evaluation of thermal systems
- Python, an object oriented programming language and its usagge in engineering
- Analysis of thermal systems
- Modeling of thermal systems
- Design of thermal Systems: acceptable design
- Outlook: Optimization: Procedures and strategies
- Summary

Learning objectives / skills English

After the successful participation in the course the student know the most important criteria for interpretation and for the design of thermal systems and can use them actively on existing problems after the successful participation in the course. He/ she has understood the meaning of mathematical modelling and is able to decide, which kind of model (dimensionality) is necessary for a given exercise, to do a sufficient description. He/ she is able to express the model in a mathematical way and then transfer it into computer language, and conduct a parameter study. The students knows the way from an acceptable to an optimal design and he/she can describe a model, so that it can be optimized with the help of common optimization routine in compliance of given parameter areas. Besides the purely thermodynamic optimization criteria (entropy production – minimization, pinch method) the meaning of optimization by means of economic criteria is also known.

Literatur

- Jaluria, Yogesh : Design and optimization of thermal systems .- 2. ed. . - Boca Raton [u.a.] : CRC Press , 2008 ISBN: 978-0-8493-3753-6
- Bejan, Adrian; Moran, Michael J.; Tsatsaronis,George : Thermal design and optimization . - New York [u.a.] : Wiley , 2010 ISBN: 0-471-58467-3
- Bejan, Adrian : Advanced engineering thermodynamics .- 3. ed. . - Hoboken, NJ : Wiley , 2006 ISBN: 978-0-471-67763-5
- Langtangen, Hans Petter : A Primer on Scientific Programming with Python - Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg , 2009 . - ISBN: 9783642024757. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-02475-7>

Kursname laut Prüfungsordnung**Thermische Verfahrens- und Prozesstechnik****Course title English**

Thermal Process Engineering

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 1 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

1. Einführung
2. Thermische Grundoperationen (vertiefte Behandlung inkl. kinetischer Effekte und Sonderbauformen)
 - Verdampfung und Kondensation
 - Destillation und Rektifikation
 - Extraktion
 - Absorption und Stripping
 - Adsorption und Desorption
 - Trocknung
 - Kristallisation
3. Synthese von verfahrenstechnischen Prozessen
 - Systematik der Prozessentwicklung
 - Methoden zur Prozesssynthese
 - Synthese von Trennsequenzen
 - Energieintegration (Pinch-Analyse)
 - Prozessoptimierung
4. Modellierung und Simulation verfahrenstechnischer Prozesse
 - Stoffdaten für verfahrenstechnische Prozesse
 - Thermodynamische Modellierung
 - I. Einfache Stufenmodelle
 - II. Komplexe thermodynamische Modelle
 - Stationäre Simulation
 - Dynamische Simulation

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studenten kennen im Detail alle thermischen Trennverfahren, sowohl die 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 auch 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 Beschaffung 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 (deepened approach including kinetic effects and special configurations)
 - Evaporation and Condensation
 - Distillation und Rectification
 - Extraction
 - Absorption and Stripping
 - Adsorption and Desorption
 - Drying
 - Crystallisation
- 3. Synthesis of Chemical Processes
 - Systematics of Process Development
 - Methods of Process Synthesis
 - 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 also kinetic effects are considered. They 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. Functionality and theoretical background of software used in the chemical industry for the simulation of chemical engineering processes are known.

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)

Ernst-Ulrich Schlünder, Franz Thurner
Destillation, Absorption, Extraktion
Vieweg Verlag (1998)

J.D. Seader, E.J. Henley
Separation Process Principles
John Wiley & Sons, 2. Auflage (2006)

R. Goedecke (Hrsg.)
Fluidverfahrenstechnik

Wiley VCH Verlag (2006)

Kursname laut Prüfungsordnung

Turboverdichter

Course title English

Turbo Compressors

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Im ersten Teil der Vorlesung wird der Einsatz von Turboverdichtern (TV) in der Prozess- und chemischen Industrie, zur Förderung von Wasserstoff in Pipelines, in Carnot-Batterien zur Energiespeicherung, in Brennstoffzellensystemen und in Konsumgütern erläutert. Die Turboverdichter werden entsprechend ihres Einsatzgebietes, des verwendeten Fluids und ihres Arbeitsbereiches eingeordnet. Anhand von Kenngrößen werden Verdichter entsprechend ihrer Bauweise ausgewählt. Es folgen detaillierte Betrachtungen zur Projektierung, Berechnung und Konstruktion von ein- und mehrstufigen Verdichteranlagen, wobei die thermodynamischen Grundlagen und die speziellen mechanisch-konstruktiven Problemstellungen Berücksichtigung finden. Weiterhin werden die Kennlinienbestimmung sowie das Betriebsverhalten und die Regelung von Verdichtern in ein- und mehrstufigen Verdichteranlagen betrachtet.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden lernen die Arbeitsweise und Energieumsetzung von Turboverdichtern im Detail kennen. Sie beherrschen die Klassifizierung von Turboverdichtern nach verschiedenen Kriterien und sind in der Lage, die Strömung in TV nach den gängigen Methoden zu berechnen. Damit sind sie auch in der Lage, TV für bestimmte Anwendungszwecke zu entwerfen und deren Betriebsverhalten zu beschreiben. Sie sind über die wichtigsten Spezifika von TV (Machzahl- und Reynoldszahleneinfluss, instationäre Strömungszustände) informiert.

Description / Content English

In the first part of the lecture, the use of turbocompressors (TC) in the process and chemical industry, in Carnot batteries for energy storage, in fuel cell systems, for hydrogen transportation in pipelines, and in consumer products are explained. The turbocompressors are classified according to their field of application, the fluid used and their operating range. Based on characteristic values, compressors of different designs are selected. This is followed by detailed considerations on the project planning, calculation and design of single- and multi-stage compressor systems, considering the thermodynamic principles and the particular mechanical design problems. Furthermore, the determination of characteristic curves, the operating behaviour and the control of compressors in single- and multi-stage compressor systems are considered.

Learning objectives / skills English

The students learn the procedure and energy transformation of the turbo compressor in detail. They can master the classification of the turbo compressors according to different criteria and can determine the flow in a TC by standard methods. They are also able to design TC for certain applications and describe their operational behaviour. They are informed about the essential specifics of a TC (Mach number- and Reynolds number, transient flow behaviour).

Literatur

see weblink below.



Kursname laut Prüfungsordnung

Turbulent Flows

Course title English

Turbulent Flows

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | WS | Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung ist eine Einführung in die Modellierung reibungsbehafteter, turbulenten Strömungen. Fluide bewegen sich in laminarer oder turbulenten 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:

1. Entstehung der Turbulenz
2. Statistische Beschreibung der Turbulenz
3. Struktur der turbulenten Strömungen
4. Simulation der Turbulenz – LES und DNS
5. Reynolds-gemittelte Gleichungen
6. Ansätze zur Turbulenzmodellierung
7. Kompressible turbulente Strömungen

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Studenten die die Vorlesung erfolgreich absolviert haben:

1. Kennen die Strömungsformen unterscheiden und sind in der Lage Ursachen für turbulente Strömung in Apparaten und an Hindernissen zu erkennen
2. Verstehen die mathematischen Grundlagen der Modellierung und können die Modelle bezüglich ihrer Anwendungsgebiete klassifizieren/auswählen
3. Kennen die Stärken und Schwächen der Modelle und ihrer Implementierungen in Simulationsprogrammen

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

Kursname laut Prüfungsordnung**Überlebenstechniken für Ingenieure****Course title English**

Survival Techniques for Engineers

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 2 | WS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Nach dem Ingenieur-Studium treten die meisten Absolventen einen Arbeitsplatz in der Industrie an. Durch das Studium ist man zwar fachlich gut gerüstet, aber häufig ist es im Berufsleben ebenso wichtig, nicht-ingenieurtechnische „Fallstricke“ und „Fettnäpfchen“ zu umgehen. Hierauf wird in den klassischen technischen Vorlesungen in der Regel nicht hingewiesen. Um diese Lücke zu schließen, wird sich diese Veranstaltung mit folgenden Themenkreisen beschäftigen:

- Wie bewerbe ich mich erfolgreich?
- Wie gelingt der Einstieg ins Berufsleben?
- Wie funktioniert ein Unternehmen?
- Welche Arbeitsfelder bieten sich für Ingenieure?
- Welche nicht-ingenieurtechnischen Methoden haben sich bewährt?
- Wie sehen typische Karrierewege aus?
- Welche Karriere werde/will ich machen?

Zur Klärung dieser Fragen werden Denkweisen und Arbeitsmethoden aus Fächern wie Organisationswissenschaften, Psychologie, Betriebswirtschaft und Marketing vorgestellt und in praktischen Übungen angewandt (z.B. Bewerbungsgespräch, Kreativitätstechniken, ...).

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden haben einen Eindruck von der Tätigkeit eines Ingenieurs in verschiedenen Feldern der Industrie und kennen die wichtigsten Spielregeln des Berufslebens für Ingenieure. Sie sind in der Lage, Ihre eigenen Möglichkeiten und Perspektiven realistisch einzuschätzen und können darauf aufbauend Ihr Berufsleben ("Ihre Karriere") zielgerichtet planen und entwickeln.

Description / Content English

After their study most engineering students start working in industry. Their study provides them with the necessary technical knowledge, but often more than that is needed. These more or less non-technical rules of the game are the main topic of this lecture. Questions like:

- How to apply for a job successfully?
- How to start the working life?
- How does an industrial company act and function?
- Which areas of work are interesting/suitable for engineers?
- Which non-engineering methods and tricks are useful?
- How does a typical career of an engineer look like?
- Which kind of career is suitable for me?

To answer these questions methods from organisational sciences, psychology, marketing, etc. are presented and used in exercises and role plays (e.g. application interviews).

Learning objectives / skills English

The students got a first impression about the work life of an engineer in industry. They also get to know the basic rules of the game. They are able to rate their capabilities and opportunities in a realistic way. They can plan and execute the necessary steps of their working life (career).

Literatur

Mell, Spielregeln für Beruf und Karriere, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2005

Schuler, Organisationspsychologie, Huber-Verlag, Bern, 2007

Rheinberg, Motivation, Kohlhammer-Verlag, 2006

Kursname laut Prüfungsordnung**Umweltmesstechnik****Course title English**

Environmental Measurement Technology

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | SS | Deutsch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung definiert zunächst das System Umwelt, die Auswirkungen anthropologischer Aktivitäten und die Notwendigkeit der Überwachung der Umweltmedien bezogen auf Material- und Energieeinträge. Es werden die verschiedenen Messtechniken zur Überwachung der Qualität der drei Umweltkompartimente Luft, Wasser und Boden behandelt, wobei der Schwerpunkt auf der Luftqualitätsüberwachung liegt. Die Vorlesung richtet sich an angehende Ingenieure mit dem Ziel, zum einen die Messtechniken zu vermitteln, und den Hörern zum anderen die Anwendung der Techniken durch praktische Beispiele näher zu bringen.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden kennen die Definitionen für die Umweltkompartimente Boden, Wasser und Luft, sowie die entsprechenden Richtlinien zur Überwachung von deren Qualität. Weiterhin haben die Studierenden einen Überblick über die wesentliche Messtechnik zur Überwachung der Qualität von Boden, Wasser und Luft, sowie von Abgasen aus Industrie und Verkehr und kennen einige Anwendungsbeispiele. Sie sind in der Lage für entsprechende Aufgabenstellungen die nötige Messtechnik auszuwählen.

Description / Content English

Initially, the system „environment“ will be defined, as well as the influences of anthropogenic activities and the necessity for control of the environmental media concerning material and energy input. Several measurement technologies for surveillance of the quality of the three environmental compartments air, water and soil will be introduced, with a main focus on air quality control. The aim of the lecture is to familiarize engineering students with the various environmental measurements techniques and their practical applications.

Learning objectives / skills English

The students know the definitions of the environmental compartments soil, water and air as well as the corresponding guidelines for controlling their quality. The students furthermore have an overview of the key measurement technology for controlling the quality of soil, water and air, as well as emissions from industry and traffic. They know several examples for the practical application of the measurement technology and are capable of choosing the right technology for a given problem.

Literatur

- Ulrich Förstner
Umweltschutztechnik
Springer Verlag, 7. Auflage (2008)
- William C. Hinds
Aerosol Technology
Wiley, 2nd edition (1999)
- P. Kulkarni, P.A. Baron, K. Willeke

Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications
Wiley, 3rd edition (2011)

Kursname laut Prüfungsordnung

Verbrennungsmotoren

Course title English

Internal Combustion Engines

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|-------------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 1 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |
| Prüfungsleistung | | | |

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Veranstaltung führt in die Grundlagen des Verbrennungsmotors ein. Sie hat ihren Schwerpunkt in der Vermittlung der innermotorischen Prozesse von Gemischbildung und Verbrennung von Diesel und Ottomotoren.

1. Einleitung
2. Kraftstoffe und Leistungskenngrößen von Verbrennungsmotoren
3. Arbeitsprozesse im Verbrennungsmotor
4. Ladungswechsel
5. Aufladung
6. Gemischbildung, Zündung und Verbrennung im Ottomotor
7. Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor
9. Homogen kompressionsgezündete Verbrennung (HCCI)
10. Umweltprobleme bei der motorischen Verbrennung

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden verstehen die Konzepte des Verbrennungsmotors und können die Grundlagen des innermotorischen Verbrennungsprozesses und die Grundlagen der technischen Realisierung erklären. Sie sind in der Lage, einfache Rechnungen zur überschlägigen Auslegung von Motoren durchzuführen. Sie verstehen die Entwicklungsziele und deren Bedeutung.

Description / Content English

This lecture introduces the fundamentals of reciprocating internal combustion engines. It focuses on the description of in-cylinder processes in Diesel and spark ignition engines.

1. Introduction
2. Fuels and characteristic numbers of internal combustion engines
3. Engine thermodynamic cycles
4. Gas exchange
5. Boosting
6. Mixture formation, ignition, and combustion in SI engines
7. Mixture formation and combustion in Diesel engines
8. Homogeneous charge compression ignition (HCCI)
9. Environmental issues related to IC engines

Learning objectives / skills English

Students understand the concepts of internal combustion engines. They are able to explain the fundamentals of in-cylinder combustion processes and the fundamentals of the practical implementation. The students are able to perform basic calculations needed in first-order design analysis of engines. They understand the targets of the development of IC engines and their relevance.

Literatur

Merker/Kessen

Technische Verbrennung, Verbrennungsmotoren

Teubner, Stuttgart. ISBN 3-519-06379-4

Merker/Stiesch

Technische Verbrennung: Motorische Verbrennung

Teubner, Stuttgart. ISBN 3-519-06381-6

Heywood

Internal Combustion Engines

McGraw-Hill, New York 1988

Kursname laut Prüfungsordnung**Wärme- und Stoffübertragung****Course title English**

Heat and Mass Transfer

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Deutsch | 1 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

120 min schriftliche Prüfung/Klausur

Beschreibung / Inhalt Deutsch

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.

- Einführung/ Konzepte
- Wärmeleitung (stationär, instationär)
- Konvektion (Grenzschichten, erzwungene/ freie Konvektion, überströmte Körper, durchströmte Körper)
- Wärmeübertragung mit Phasenübergang (Sieden, Kondensieren)
- Wärmeübertrager (Typen, Methoden der Auslegung)
- (- Wärmestrahlung)
- Diffusion und Stoffübertragung

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

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 werden ebenso wie das Konzept des Wärmedurchgangs. Für konvektive Wärmeübertragung soll der Studierende die analytische 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

Kursname laut Prüfungsordnung

Wassertechnik

Course title English

Water Treatment

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|---------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | SS | Deutsch | 1 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

Klausur (90 min.)

Mündliche Prüfung (30-60 min.)

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Übersicht über Verfahrenstechniken zur Trinkwasseraufbereitung, Prozesswasseraufbereitung und Abwasserreinigung

Inhaltsstoffe natürlicher Wässer, Trinkwasserqualität

Struktur und Eigenschaften von Wasser

Wasser als Lösungsmittel

Gleichgewichte in wässrigen Systemen

Eigenschaften wässriger Lösungen

Säure-Base System

Anwendung des Massenwirkungsgesetzes

Mikrobiologische- Allgemeine Grundlagen

Grundlagen zu Adsorptions- und Ionentauschprozessen sowie Membranverfahren

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden kennen die Grundlagen zum Medium „Wasser“. Aufbauend auf diesem Grundlagenwissen verstehen die Studierenden die physikalisch chemischen Vorgänge und die mikrobiologischen Vorgänge bei Wasseraufbereitungsprozessen und Abwasserreinigungsprozessen. Die Studierenden sind in der Lage, die Verfahrenstechniken bei der Trinkwasseraufbereitung, Prozesswasseraufbereitung und Abwasserreinigung zu beschreiben und zu erläutern.

Description / Content English

Overview of process technologies for drinking water treatment, process water treatment and wastewater treatment

Ingredients of natural water, drinking water quality

Structure and properties of water

Water as a solvent

Balances in aqueous systems

Properties of aqueous solutions

Acid-Base System

Application of the Law of Mass Action

Microbiological Basics

Basics on adsorption and ion exchange processes as well as membrane processes

Learning objectives / skills English

Students know the basics concerning the medium water. On the basis of this knowledge students are able to understand the physical / chemical and microbiological processes in technical water treatment and waste water

treatment processes. Students know the common technologies for drinking water treatment, process water treatment and waste water treatment.

Literatur

Grombach, P.; Haberer, K.; Merkl, G.; Trüeb, E. U.
Handbuch der Wasserversorgungstechnik

- Oldenbourg Verlag München Wien

ISBN 3-486-26142-8
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

Kursname laut Prüfungsordnung

Waste Water Treatment

Course title English

Waste Water Treatment

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|---------------|-----------|-----------------------|--------------|
| 4 | WS | Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

Klausur (90 min.)

Mündliche Prüfung (30-60 min.)

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Ein Schwerpunkt der Veranstaltung sind die verfahrenstechnischen Prozesse bei der kommunalen Abwasserbehandlung. Weitere Schwerpunkte sind Wasserbilanzen (Wasserbedarf und Abwasseranfall) und die Bewertung von Abwasserinhaltsstoffen (Abwasserarten, Art von Abwasserinhaltsstoffen, Analytik, Bewertung).

Inhaltsübersicht:

Einführung in die Abwasserreinigung

Wasserkreislauf, Wasserbedarf, Abwasseranfall

Abwasserarten, Abwasserinhaltsstoffe, Analytik, Gesetzgebung

Mechanische Verfahren (Rechenwerk, Sandfang, Vorklärung, Nachklärung)

Biologische Verfahren (Mikrobiologische Grundlagen, Belebtschlammverfahren, Nitrifikation und Denitrifikation, P-Entfernung)

Physikalisch chemische Verfahren (Flockung / Fällung, Flotation)

Schlammbehandlung (Eindickung, anaerobe und aerobe Schlammstabilisierung)

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden begreifen das Grundlagenwissen zum Thema Abwasserreinigung (Abwasserbilanzen, Wasserkreislauf). Sie kennen die wesentlichen analytischen Abwasserparameter und sind in der Lage, ein Abwasser damit zu bewerten. Sie sind in der Lage, die Grundlagen für die verfahrenstechnischen Prozesse im Bereich der Abwasserreinigung zu beschreiben und zu erläutern. Sie sind fähig, grundlegende Ansätze zur Auslegung der verschiedenen Prozesse zu beschreiben und anzuwenden.

Description / Content English

One topic of the lecture are the different processes used for municipal wastewater treatment. Other topics are water balances (water demand, waste water production) and the assessment of waste water compounds (origins of waste water, waste water characteristics, waste water compounds, analytics, assessment)

Contents:

Introduction in waste water treatment

Water cycle, water demand, waste water production

Waste water characteristics, waste water compounds, analytics, law

Mechanical processes (screen chamber, grit chamber, primary and final sedimentation)

Biological processes (basics of microbiology, activated sludge process, nitrification, denitrification, P-removal)

Physical and chemical processes (flocculation / precipitation, flotation)

Sludge treatment (sludge thickener, aerobic and anaerobic sludge stabilisation)

Learning objectives / skills English

Students have basic knowledge with regard to the topic waste water treatment. They know the typical analytic wastewater parameters (analytic sum parameters) and know how to assess a wastewater with these parameters. They are able to describe and explain the different treatment processes which are used for municipal waste water treatment and they are able to design the processes basically.

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

Kursname laut Prüfungsordnung**Water Treatment 1****Course title English**

Water Treatment 1

| Kreditpunkte | Turnus | Sprache | Pflicht/Wahl |
|----------------------|------------------|------------------------------|--------------------|
| 4 | SS | Englisch | 0 |
| SWS Vorlesung | SWS Übung | SWS Praktikum/Projekt | SWS Seminar |
| 2 | 1 | | |

Prüfungsleistung

Klausur (90 min.)

Mündliche Prüfung (30-60 min.)

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Nach einem Überblick über die verfahrenstechnischen Prozesse und mögliche Kombinationen werden in der Veranstaltung schwerpunktmäßig die Grundlagen zu folgenden verfahrenstechnischen Prozessen behandelt:

Sedimentation

Flockung

Tiefenfiltration, Reaktionsfiltration

Adsorption

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind fähig, die Grundlagen zum Verständnis für die in der Veranstaltung behandelten verfahrenstechnischen Prozesse im Bereich der Wasseraufbereitung (Trinkwasser, Prozesswasser) zu beschreiben und zu erläutern. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, grundlegende Ansätze zur Auslegung der verschiedenen Prozesse anzuwenden.

Description / Content English

After an overview of the treatment processes used for water treatment and different process combinations main focus is on the following treatment processes:

Sedimentation

Flocculation

Deep bed filtration, reaction processes in deep bed filtration

Learning objectives / skills English

Students are able to describe and explain the basics and principles of the different processes for water treatment (drinking water, process water) and they know to design the processes basically.

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