



Modulbeschreibung

M.Sc. Maschinenbau PO19 Schiffs- und Offshoretechnik

Stand: November 2022

Modul- und Veranstaltungsverzeichnis

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			
<p>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 selbständig durchgeführt wurde.</p> <p>Die genauen Prüfungsmodalitäten werden in Abhängigkeit der Teilnehmerzahl zu Beginn der Veranstaltung festgelegt und bekannt gegeben.</p>			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>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.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>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.</p>

Description / Content English
<p>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.</p>
Learning objectives / skills English
<p>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.</p>

Literatur
<p>H. Herwig: Strömungsmechanik, 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.</p>

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 Wasserstoffherzeugung aus verschiedenen Energieträgern, sowohl für stationäre Systeme für die Kraft/Wärme-Kopplung 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/Fischedick/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			
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
<p>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, Sattedampfprozess, überkritischer Prozess) erläutert.</p> <p>Die Bewertung der Dampfturbine und des Gesamtprozesses über verschiedene Wirkungsgrade und exergetische Betrachtungsweisen ist ebenso Bestandteil wie mögliche Prozessverbesserungen (Einfluss von Frischdampf Temperatur und -druck, regenerativer Speisewasservorwärmung, Zwischenüberhitzung).</p> <p>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.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>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.</p>

Description / Content English
<p>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.</p> <p>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</p>

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			
Die Methode der finiten Elemente 1			
Course title English			
Finite Element Method 1			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	1
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
1	2		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Methode der finiten Elemente (FEM) hat sich zum Standardwerkzeug der Festigkeitslehre entwickelt. Die Vorlesung gibt einen Einblick in die theoretischen Grundlagen der Methode. Den Hauptteil der Lehrveranstaltung bilden Rechenübungen und selbstständig zu bearbeitende praktische Aufgaben am Computer. Dabei werden ausgewählte Probleme der Festigkeitslehre mit dem FE-Programmsystem Z88Aurora bearbeitet. Der Schwerpunkt liegt bei der Behandlung linearer, statischer Probleme.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Lehrveranstaltung stellt das Verständnis für die grundlegenden mathematischen Methoden zur Behandlung von linearen Problemen her. Die Studierenden sind in der Lage, die geeignete Finite Elemente Formulierung vorzunehmen, um eine Fragestellung aus linearer Elastostatik selbstständig zu definieren und zu lösen.

Description / Content English
The Finite Element Method (FEM) has become the standard tool in mechanics of materials. The lecture provides a brief introduction into the theoretical foundations of the method. The main part of the course consists of calculated exercises and practical problems to be worked on independently using a computer. Selected problems of mechanics of materials are solved using the FE software system Z88Aurora. Special emphasis is given to linear, static problems.
Learning objectives / skills English
The course provides an understanding of the basic mathematical methods for the treatment of linear problems. The participants are able to apply an appropriate finite element formulation to define and resolve independently questions from the linear elastostatics.

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

Kursname laut Prüfungsordnung			
Die Methode der finiten Elemente 2			
Course title English			
Finite Element Method 2			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
1	2		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Als Fortführung der Übungen zur Methode der finiten Elemente werden nichtlineare und dynamische Probleme der Festigkeitslehre mit dem FE-Programmsystem ANSYS behandelt. Schwerpunkte sind große Deformationen, nichtlineares Materialverhalten, Dynamik und Kontaktprobleme. An ausgewählten Beispielen werden Lastschrittsteuerung sowie Lösungsoptionen vorgestellt, Hinweise zum Post-Processing gegeben und Ergebnisse diskutiert.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Lehrveranstaltung stellt das Verständnis für die grundlegenden mathematischen Methoden zur Behandlung von nichtlinearen und dynamischen Problemen her. Die Studierenden sind in der Lage, die geeignete Finite Elemente Formulierung vorzunehmen, um eine Fragestellung aus nichtlinearer und dynamischer Festigkeitslehre selbstständig zu definieren und zu lösen.

Description / Content English

In continuation to the exercise classes of the finite element method non-linear and dynamical problems concerning mechanics of materials are considered and solved using the FE software ANSYS. Special emphasis is given to large deformations, non-linear material behaviour, dynamics, and contact problems. The proper selection of load steps, specific options of the solution process and advanced features of the post-processor are explained using selected examples.

Learning objectives / skills English

The course provides an understanding of the basic mathematical methods for the treatment of non-linear and dynamical problems. The participants are able to independently apply an appropriate finite element formulation to define and solve questions from non-linear and dynamics mechanics of materials.

Literatur

Klein: FEM
 Zienkiewicz: Methode der finiten Elemente. Hanser Verlag
 Zienkiewicz, Taylor: The Finite Element Method. McGraw-Hill
 Gross, Hauger, Schnell, Wriggers: Technische Mechanik. Band 4: Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden. Springer
 Betten: Finite Elemente für Ingenieure 2. Variationsrechnung, Energiemethoden, Näherungsverfahren, Nichtlinearitäten. Springer

Kursname laut Prüfungsordnung			
Dynamik des Segelns und Gleitens			
Course title English			
Dynamics of Sailing and Planing Crafts			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch/Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Für den klassischen Schiffsentwurf spielt der dynamische Auftrieb, mit der Ausnahme der dynamischen Tiefertauchung (Squat), eine eher untergeordnete Rolle, während bei höheren Geschwindigkeiten dynamische Auftriebsphänomene dominant werden. Physikalisch handelt es sich dabei um die gleichen Phänomene wie beim Antrieb mit modernen Auftriebssegeln. Daher werden in dieser Vorlesung schnelle Wasserfahrzeuge und Segelschiffe gleichermaßen behandelt und die Besonderheiten von deren Entwurf und Design vermittelt.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage, die Grundlagen des dynamischen Auftriebs und die sich daraus ableitenden Entwurfsregeln für schnelle Wasserfahrzeuge zu erläutern. Darüber hinaus sind sie fähig, grundlegende Aspekte des Designs und der Ästhetik anhand von praktischen Beispielen zu beurteilen.

Description / Content English
In classical ship design, dynamic lift is playing a less important role (except dynamic sinkage, i.e. squat). At higher speeds, dynamic lift phenomena are becoming dominant. Physically, these effects are the same as propelling the vessel with modern sails. Therefore, this lecture is likewise dealing with fast crafts and sailing ships and the particularities of their concept and design are taught.
Learning objectives / skills English
In the course the fundamentals of dynamic lift and the resulting design guidelines for fast crafts are taught. Design and aesthetics are dealt with in terms of practical examples within the exercises.

Literatur
T. Lamb (Hrsg.): Ship Design and Construction, Society of Naval Architects & Marine Engineers, 2003
P. DuCane: High Speed Small Craft, Temple Press Books, London, 1964
O. M. Faltinsen: Hydrodynamics of high-speed marine vehicles, Cambridge University Press, 2006
Wagner, STG 1933
C. A. Marchaj: Aerodynamik und Hydrodynamik des Segelns, Verlag Delius Klasing, 1991

Diverse Ausgaben und Proceedings von Marine Technology, FAST, SNAME und Boote Exclusiv

Kursname laut Prüfungsordnung			
Elektrische Anlagen an Bord von Schiffen			
Course title English			
Electrical Devices on Board of Ships			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
5	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1	1	
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die an Bord von Schiffen befindlichen Betriebsmittel und Systeme werden einzeln und in ihrem Zusammenwirken vorgestellt; dazu gehören im Einzelnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anforderungen an elektrische Anlagen an Bord, Umgebungs- und Betriebsbedingungen - E-Bilanz, Generator-Dimensionierung, Generator-Einsatz, Generator-Antrieb - Drehstrom- / Gleichstrom-Generatoren - Motoren für Gleichstrom und Drehstrom, Kennlinien, Drehzahl-Verstellung usw.) - Sonderanlagen (el. Welle, „Drehtransformator“) - Elektrische Schiffsantriebe - Transformatoren - Leistungselektronik - Akkumulatoren und Brennstoffzellen - Beleuchtung an Bord - Bordnetze, Sternpunktbehandlung - Kabel und Leitungen (Anforderungen, Aufbau, Dimensionierung) - Netzstruktur, Hauptschalttafel und Verteilungen, Beispiele ausgeführter Schiffsnetze - Schaltgeräte (Lichtbogen, Schalten DC / AC, Schaltertypen) - Netzschutz (Sicherungen, Diff-Schutz) und Isolationsprüfung - Korrosionsschutz - magn. Eigenschutz - Navigationssysteme (jeweils übersicht über Funktion auf Blockschaltbildebene): Kreiselkompass Echolot, Log, Radar / Arpa, Funkpeilung, Hyperbelnavigation, GPS - Kommunikation im Bordbetrieb (übersicht über Funktion)
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden sind in der Lage, die an Bord von Schiffen installierten elektrischen Betriebsmittel und Anlagen zu beschreiben; auf Basis dieser Kenntnisse verstehen sie deren Zusammenwirken im komplexen System Schiff.</p>

Description / Content English
<p>The devices and plants installed on board of ships, as well as their interaction, are presented; in particular:</p> <ul style="list-style-type: none"> - demands to el. systems on board, operational and environmental conditions - energy balance, generator dimensioning, prime movers - DC and AC generators - DC and AC motors - el. drives for ships - transformers (1- / 3-phase) - power electronics - accumulators and fuel cells

- electric light on board
- el. grids, star point connection
- cables
- topology of el. grids on board
- switchgear
- power system protection
- corrosion and magn. protection
- navigational systems
- communication on board and ship - land

Learning objectives / skills English

The students are able to describe the electrical devices and plants installed on board of ships; based on this knowledge they understand their composition and interaction in the complex electrical system of a ship.

Literatur

- K. Illies: Handbuch der Schiffsbetriebstechnik; Vieweg-Verlag
- Kosack/Wangerin: Elektrotechnik auf Handelsschiffen, Springer-V.

Kursname laut Prüfungsordnung			
Entwurf von Schiffen und Offshore-Anlagen 2			
Course title English			
Design of Ships and Offshore Structures 2			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
5	WS	Deutsch	1
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Veranstaltung greift die Grundlagen des Schiffsentwurfs auf und behandelt die besonderen Entwurfsaspekte verschiedener Schiffstypen. Dazu gehören Container-, Passagier-, RoRo-Schiffe sowie Bulker und Spezialschiffe. Des Weiteren wird der Einsatz numerischer Methoden im Entwurfsprozess vermittelt.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind fähig, einen Schiffsentwurf anzufertigen, welcher die speziellen Anforderungen des jeweiligen Schiffstyps berücksichtigt. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, computergestützte Methoden im Entwurfsprozess einzusetzen.

Description / Content English
The lecture takes up the basics of ship design and covers specific design techniques of different ship types. Among these are containers, passenger and RoRo vessels as well as bulker and special purpose vessels. Furthermore, the application of numerical methods in ship design is taught.
Learning objectives / skills English
After completing this course, the students are qualified to design a ship in consideration of the design aspects of this type of ship. Furthermore, the students are able to use computational methods in ship design.

Literatur
A. M. Friis, P. Andersen, J. J. Jensen: Ship Design, Technical University of Denmark, Department of Mechanical Engineering, 2002
T. Lamb (Hrsg.): Ship Design and Construction, Society of Naval Architects & Marine Engineers, 2003
E. V. Lewis (Hrsg.): Principles of Naval Architecture, Society of Naval Architects & Marine Engineers, 1988
H. Schneekluth, V. Bertram: Ship Design for Efficiency and Economy, Butterworth-Heinemann, 1998
A. Biran: Ship Hydrostatics and Stability, Butterworth-Heinemann, 2003

Kursname laut Prüfungsordnung			
Entwurf von Unterwasserfahrzeugen			
Course title English			
Design of Submarines			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
3	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2			
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Vorlesung erläutert geschichtliche Entwicklung, Einsatzanforderungen, Aufbau (Generalplan), Hauptparameter für den Entwurf, Hydrodynamik, Antrieb, Festigkeitsaspekte, Sicherheit und Versorgung von U-Booten.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage, die grundlegenden der Anforderungen und technischen Lösungen für U-Boote zu verstehen und zu erläutern.

Description / Content English
The lecture presents the historical development, operational requirements, general arrangement, main design parameters, hydrodynamics, propulsion, structural and safety aspects and supply of submarines.
Learning objectives / skills English
The students are able to understand and explain the basic demands and technical solutions for submarines.

Literatur
T. Lamb (Hrsg.): Ship Design and Construction, Society of Naval Architects & Marine Engineers, 2003
U. Gabler: Unterseebootbau, Bernhard & Graefe, 1996
R. Burcher, L. J. Rydill: Concepts in Submarine Design, Cambridge University Press, 1995

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

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Diese Vorlesung beschäftigt sich mit den Grundlagen der Fertigungstechnik. Nach einer Einführung in die Thematik, bei der die grundlegenden Begriffe erörtert werden, erfolgt eine Einteilung der Fertigungsverfahren nach DIN 8580 mit den Schwerpunkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Urformen - Umformen - Trennen mit geometrisch bestimmter/unbestimmter Schneide - Beschichten - Stoffeigenschaftsändern <p>Zudem werden Einblicke in die Bereiche Planung, Informations- und Materialfluss in Fertigung und Montage vermittelt.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Nach dem Besuch der Vorlesung Fertigungstechnik sind die Studierenden in der Lage, die Vielzahl der unterschiedlichen Fertigungsverfahren zu bewerten und hinsichtlich ihrer Eignung und ihres Einsatzes auszuwählen.</p>

Description / Content English
<p>This lecture deals with the basics of manufacturing technology. After an introduction to the topic, providing the basic terms and definitions, manufacturing methods are classified due to DIN 8580 with special focus on the following key categories:</p> <ul style="list-style-type: none"> - primary shaping - forming - chipping with geometrically defined/undefined blades - coating - modifying the substance properties <p>In addition, insights into the fields of planning, as well as flow of information and material in manufacturing and assembling are provided.</p>
Learning objectives / skills English
<p>After attending the lecture „Fertigungstechnik“ the students are able to distinguish between different manufacturing methods and to choose one according to their suitability for use in production.</p>

Literatur

- [1] Witt u.a.
Taschenbuch der Fertigungstechnik
Carl Hanser Verlag 2006
- [2] Westkämper, Warnecke
Einführung in die Fertigungstechnik
Teubner-Verlag, 6. neu bearbeitete Auflage 2004
- [3] König
Fertigungsverfahren
VDI Verlag Düsseldorf, 5 Bände
- [4] Spur, Stöferle
Handbuch der Fertigungstechnik
Carl Hanser Verlag, 6 Bände
- [5] Eversheim
Organisation in der Produktionstechnik
VDI Verlag Düsseldorf, 4 Bände

Kursname laut Prüfungsordnung			
Flachwasserhydrodynamik			
Course title English			
Shallow Water Hydrodynamics			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch/Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Thema dieser Veranstaltung ist die Anwendung der Flachwassertheorie für die Schiffshydrodynamik. Nach einer Einführung in die Grundgleichungen der Fluidodynamik und die allgemeine Formulierung der Schiffsumströmung in Flachwasser werden verschiedene Approximationen für die Flachwasserwellen einschließlich deren Anwendungen diskutiert. Schwerpunkt der Lehrveranstaltung ist jedoch die Vermittlung von bewährten theoretischen, numerischen und empirischen Methoden für Schiffswellen, Widerstand und Propulsion, dynamische Trimmelage sowie Interaktionswirkungen zwischen Schiffen und Schiff/Wasserstraße.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage, die physikalischen Grundlagen der Flachwasserwellen und die Sondercharakteristiken der Schiffsdynamik in flachen Gewässern zu verstehen und zu erläutern. Die Teilnehmer sind fähig, die wesentlichen Approximationen nachzuvollziehen und geeignete Methoden für typische Fragestellungen in der Praxis anzuwenden.

Description / Content English
Subject of this course is the application of shallow-water theory in ship hydrodynamics. After an introduction of the basic equations of the fluid dynamics and the general formulation of the flow around ship in shallow water, different approximations for shallow-water waves are discussed, including their applications. However the main purpose of the course is to provide well established theoretical, numerical and empirical methods for ship waves, resistance and propulsion, ship's dynamics (sinkage and trim) as well as interactions ship/ship and ship/waterway.
Learning objectives / skills English
The course provides a basic understanding of the shallow-water waves and the special characteristics of ship dynamics in shallow water regions. The participants are able to derive the elemental approximations and apply suitable methods for typical questions in practice.

Literatur
T. Jiang: Ship Waves in Shallow Water, VDI Verlag, Düsseldorf, 2001
J. N. Newman: Marine Hydrodynamics, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, 1977
E. V. Lewis (Hrsg.): Principles of Naval Architecture, Volume II, Resistance, Propulsion and Vibration, SNAME, New York, 1988

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
- Rechenetze
- 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, das über die Moodle-Plattform 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-Prozessing, die numerische Lösung und das Post-Prozessing 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, Perić: 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			
Hafenwirtschaft und Logistik			
Course title English			
Port Management and Logistics			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
3	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2			
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Vorlesung vermittelt globale, volkswirtschaftliche Veränderungen sowie deren Auswirkung auf die internationalen, trimodalen Supply Chains sowie die technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Aspekte der Hafenwirtschaft im Makroraum.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind fähig, Zusammenhänge im Aufbau internationaler Supply Chains sowie deren Wechselwirkung auf die sich verändernden Anforderungen auf die technische Infrastruktur sowie deren betriebswirtschaftliche Auswirkung zu erläutern.

Description / Content English
In this lecture, technical, organizational and economic aspects of port management and intermodal maritime logistics are taught.
Learning objectives / skills English
The students are able to understand and explain the requirements of modern logistics and the resulting technical infrastructure, both for existing and possible future scenarios.

Literatur
B. Brinkmann: Seehäfen - Planung und Entwurf, Springer Verlag, 2004
Hafentechnische Gesellschaft (Hrsg.): Empfehlungen und Berichte des „Technischen Ausschusses Binnenhäfen“
Bundesnetzagentur (Hrsg.): Jahresberichte zur Entwicklung des Schienengüterverkehrs in Deutschland
Tagesaktuelle Zeitschriften, insbesondere die „DVZ - Deutsche Verkehrs-Zeitung“

Kursname laut Prüfungsordnung**Hydrodynamik 2****Course title English**

Hydrodynamics 2

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

Prüfungsleistung

Die Prüfungsleistung wird von den Studierenden in Form der Abgabe einer in kleinen Gruppen, semesterbegleitend angefertigten Hausarbeit und einer mündlichen Prüfung mit einer Dauer zwischen 30 und 60 Minuten erbracht.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung befasst sich mit der Propellertheorie und der Hydrodynamik von Propulsionsorganen.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind fähig, die Hydrodynamik von Propulsionsorganen zu erklären, sowie die gängigen Werkzeuge zu deren Auslegung anzuwenden.

Description / Content English

The lecture deals with the propeller theory and hydrodynamics of propulsion systems.

Learning objectives / skills English

The students are able to explain the hydrodynamics of propulsion systems as well as to apply the common tools for their design.

Literatur

J. S. Carlton: Marine Propellers and Propulsion,
Butterworth-Heinemann, 2007

V. Bertram: Practical Ship Hydrodynamics,
Butterworth-Heinemann, 2000

J. P. Breslin, P. Andersen: Hydrodynamics of ship propellers,
Cambridge University Press, 1994

J. E. Brix (Hrsg.): Manoeuvring Technical Manual,
Seehafen Verlag, 1993

Kursname laut Prüfungsordnung			
Kreiselumpen			
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 Kreiselumpen (KP) entsprechend der spezifischen Drehzahl werden die möglichen Fördermedien eingehend besprochen. Es folgen Beispiele für Kreiselumpenanlagen. Mit Hilfe der thermodynamischen Grundlagen von Kreiselumpen wird die Energieumsetzung in Kreiselumpenlaufrädern 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 Kreiselumpen 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 Kreiselumpen im Detail kennen. Sie beherrschen die Klassifizierung von Kreiselumpen 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			
Manövrieren von Schiffen			
Course title English			
Ship Manoeuvring			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch/Englisch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Vorlesung befasst sich mit den grundlegenden Methoden zur Beschreibung des Manövrierverhaltens von Schiffen. Weiterhin gibt die Vorlesung einen Überblick über die verschiedenen Manövrierorgane, Vorschriften und Richtlinien sowie zu experimentellen und numerischen Methoden zur Berechnung des Manövrierverhaltens von Schiffen.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage, die gängigen Methoden zur Vorhersage des Manövrierverhaltens sowie die notwendigen Vorschriften und Richtlinien zu erläutern und anzuwenden. Außerdem sind sie fähig, Manövrierorgane auszulegen.

Description / Content English
The lecture deals with the basic methods of ship manoeuvring. Moreover, the lecture gives an overview of the different manoeuvring systems, rules and regulations as well as the experimental and numerical methods for the prediction of ship manoeuvring.
Learning objectives / skills English
The students are able to explain and apply the state-of-the-art methods for the prediction of ship manoeuvring as well as the necessary rules and regulations. Furthermore, they are in a position to design manoeuvring systems.

Literatur
I. Fossen: Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control, Wiley & Sons Ltd., 2011
V. Bertram: Practical Ship Hydrodynamics, Butterworth-Heinemann, 2000
J. E. Brix (Hrsg.): Manoeuvring Technical Manual, Seehafen Verlag, 1993
C. L. Crane, H. Eda, A. Landsberg: Controllability, In: Principles of Naval Architecture, Volume III, Chapter 9, SNAME, 1989

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
<p>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.</p> <p>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.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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
<p>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.</p> <p>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.</p>
Learning objectives / skills English
<p>The master-thesis represents an examination. Besides the professional engrossing by using an example the acquisition of soft skills are also gained:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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**Multibody Dynamics****Course title English**

Multibody Dynamics

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

Prüfungsleistung

Die Prüfung gliedert sich in zwei Teile: einen theoretischen Teil, in dem die Studierenden Lösungen für vorgegebene Aufgaben schriftlich erarbeiten (2/3 Gewichtung in der Endnote), und einen praktischen Teil, in dem die Studierenden ein einfaches Beispiel in ADAMS programmieren und auswerten (1/3 Gewichtung in der Endnote). Beide Teile müssen mit mindestens 40% der teilentsprechenden Punkten bestanden werden, um die Prüfung zu bestehen.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Der Kurs ist in fünf Abschnitte untergliedert, welche sich auf das Verständnis der Grundlagen der Mehrkörperdynamik konzentrieren:

- 1) Die Abstraktion von mechanischen Bauteilen / Subsystemen als kinetostatische Übertragung von Bewegung und Kräften
- 2) Die Idee, Mehrkörper-Dynamikgleichungen nur unter Verwendung von Kinematiken zu generieren („kinematische Differentiale“)
- 3) Die Idee der Generierung von Mehrkörper-Dynamikgleichungen unter Verwendung der Bewegungs- und Kraftübertragung
- 4) Konzepte und Methoden zur Lösung von Bewegungsgleichungen mit kinematischen Schleifen
- 5) Eine Einführung in den methodischen Ansatz von ADAMS

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Das Ziel dieser Lehrveranstaltung ist es, einen Einblick in die grundlegenden mechanischen und rechnerischen Prozesse bei der Erzeugung und numerischen Lösung von Bewegungsgleichungen komplexer 3D-Mehrkörpersysteme zu geben und die Studierenden in deren Anwendung zu schulen. Darüber hinaus erwerben die Studierenden Kenntnisse über die numerischen Hintergründe der Mehrkörper-Software ADAMS sowie Kenntnisse über deren Anwendung im Computerlabor.

Description / Content English

The course is organized in five parts, each part focusing in the understanding of one principal idea in complex multibody dynamics:

- 1) The abstraction of a mechanical part/subsystem/system as a kinetostatic transmission of motion and forces
- 2) The idea of generating multibody dynamics equations using only kinematics ("kinematical differentials")
- 3) The idea of generating multibody dynamics equations using solely motion and force transmission
- 4) The concepts and methods to solve kinematical-loop constraint equations
- 5) Quick tour through the methodological approach of ADAMS

Learning objectives / skills English

The goal of the course is to offer insight into the fundamental mechanical and computational processes involved in the generation and numerical solution of the equations of motion of complex 3D multibody systems, and to train students on how to apply them. In addition, students are imparted understanding of the numerical background behind the multibody software ADAMS and acquire skills in the use of it in a computer lab.

Literatur

Nikraves

Computer-aided analysis of mechanical systems

Prentice Hall

Haug

Computer-Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems

Allyn and Bacon

Kursname laut Prüfungsordnung**Numerische Berechnungsmethoden für inkompressible Strömungen 1****Course title English**

Computational Fluid Dynamics for Incompressible Flows 1

Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
5	SS	Deutsch/Englisch	1
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		

Prüfungsleistung

Die Prüfungsleistung wird von den Studierenden in Form der Abgabe einer in kleinen Gruppen, semesterbegleitend angefertigten Hausarbeit und einer mündlichen Prüfung mit einer Dauer zwischen 30 und 60 Minuten erbracht.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung befasst sich mit den Grundlagen der numerischen Berechnungsmethoden für inkompressible Strömungen. Dabei handelt es sich um die Grundgleichungen sowie die gängigen Diskretisierungsmethoden zur Lösung von Navier-Stokes-Gleichungen und Laplace-Gleichungen für Randelementeverfahren. Weiterhin erfolgt eine Einführung in die Turbulenzmodellierung, wobei die aktuell gebräuchlichen Modelle erläutert werden.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind in der Lage, Methoden der numerischen Strömungsmechanik zu erläutern und anzuwenden. Sie sind fähig, Feld- und Randelemente-Methoden für schiffstechnische Probleme auszuwählen und anzuwenden.

Description / Content English

The lecture deals with the basics of computational fluid dynamics for incompressible flows. It concerns the governing equations to solve Navier-Stokes equations and Laplace equations for boundary element methods. Moreover, an introduction is given to the modelling of turbulences, explaining the common models.

Learning objectives / skills English

The students are able to explain and apply the CFD methods. They are in a position to select field and boundary element methods for problems concerning ship technology.

Literatur

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

V. Bertram: Practical Ship Hydrodynamics, Butterworth-Heinemann, 2000

H. Söding, Schiffe im Seegang I, Vorlesungsmanuskript, Institut für Fluidodynamik und Schiffstheorie, TUHH, 1992

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
<p>Die Vorlesung befasst sich mit den Grundlagen der numerischen Berechnungsmethoden für inkompressible Strömungen.</p> <p>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.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>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.</p>

Description / Content English
<p>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.</p>
Learning objectives / skills English
<p>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).</p>

Literatur
<p>J. H. Ferziger, M. Peric: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer-Verlag, 2002</p> <p>H. K. Versteeg, W. Malalasekera: An Introduction to Computational Fluid Dynamics, Pearson Education Limited, Second Edition, 2007</p>

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 Kostenersparnis 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 Modellen
- 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**Practical Optimization for Mechanical Engineers****Course title English**

Practical Optimization for Mechanical Engineers

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

Prüfungsleistung

Die Prüfung besteht aus zwei Teilen: Ein theoretischer Teil, bei dem einige Optimierungsprobleme schriftlich gelöst werden sollen (2/3 der Gesamtnote), und ein praktischer Teil, bei dem ein Optimierungsproblem am Computer mit Matlab gelöst werden soll (1/3 der Gesamtnote). Um die Prüfung zu bestehen, müssen beide Teile mit mindestens 40% der Teilpunkte bestanden werden.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Der Inhalt dieser Lehrveranstaltung besteht aus 5 Kapiteln. Jedes Kapitel widmet sich einer Familie von Optimierungsproblemen und bietet einen tiefen Einblick in mindestens ein praxisrelevantes Problem, einschließlich dessen Lösung mit Matlab.

- 1) Lineare Optimierungsprobleme: Simplex-Verfahren
- 2) Nichtlineare Optimierungsprobleme: Gradientenverfahren, Newton-Verfahren
- 3) Nichtlineare Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen: Penalty-Verfahren, Lagrange-Verfahren, SQP-Verfahren
- 4) Einführung in die Variationsrechnung
- 5) Einführung in die Optimalsteuerung

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Diese Lehrveranstaltung widmet sich den Grundalgorithmen zur Lösung von linearen und nichtlinearen Optimierungsproblemen mit Nebenbedingungen, einschließlich der direkten Diskretisierung von Optimalsteuerungsproblemen. Der Schwerpunkt wird auf den geschulten Einsatz von den modernsten Algorithmen der Optimization-Toolbox von Matlab gelegt.

Die Studierenden werden in die Lage versetzt, praktische Optimierungsprobleme mit Softwarepaketen wie Matlab effizient anzugehen.

Description / Content English

The course is organized in five parts, each part focusing on the understanding of one family of optimization problems. In each part, at least one practical problem will be discussed in detail and subsequently solved using Matlab.

- 1) Linear optimization problems: Simplex method
- 2) Unconstrained nonlinear problem: Basic descent methods, Newton methods
- 3) Constrained nonlinear problems: Penalty and barrier methods, Lagrange methods, Sequential quadratic programming methods
- 4) Introduction to calculus of variations
- 5) Introduction to optimal control

Learning objectives / skills English

This course focuses on the basic methods for solving linear and nonlinear constrained optimization problems, including the direct discretization of optimal control problems, making special emphasis in the educated use of the state-of-the-art routines offered by Matlab's optimization toolbox.
The goal of the course is to train the students on how to solve practical optimization problems efficiently using tools like Matlab.

Literatur

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 Freistrah. 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			
Rechnerintegrierte Produktentwicklung (CAE)			
Course title English			
Computer Aided Engineering (CAE)			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	2		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Im Rahmen der Lehrveranstaltung "Rechnerintegrierte Produktentwicklung" werden zunächst aktuelle Herausforderungen der Produktentwicklung und informationstechnische Aspekte zur Unterstützung des Produktentstehungsprozesses behandelt. Anschließend werden rechnerbasierte Methoden, wie modellbasierte Systementwicklung und Produktdatenmanagement zur Optimierung von Entwicklungsprozessen vermittelt. Darüber hinaus werden Grundlagen und Anwendung des Projektmanagements für die Durchführung von Entwicklungsprojekten den Studierenden dargelegt. In den Übungen wird die praxisnahe Anwendung mit geeigneten Engineering-Tools vertieft.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Lernziele sind die Vermittlung grundlegender Kenntnisse der rechnergestützten Produktentwicklung unter Anwendung entsprechender Tools. Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, für abgegrenzte Entwicklungsaufgaben Projektplanungen durchzuführen, entsprechende Prozesse und Produktstrukturen aufzubauen und die Strukturen mit der Modellierungssprache SysML zu beschreiben.

Description / Content English

The objective of the "Computer Aided Engineering" course is to impart the necessary knowledge for current challenges of product development and how to master these challenges with methods from computer sciences. Subsequently, computer-based methods, such as model-based system development and product data management, are imparted to optimize the development process. In addition, the basics and application of project management for the implementation of development projects are presented to the students. In the exercises, the practical application is deepened with suitable engineering tools.

Learning objectives / skills English

Learning objectives are the teaching of basic knowledge of computer-aided product development using appropriate tools. After attending the course, the students are able to carry out project planning for delimited development tasks, to set up corresponding processes and product structures and to describe the structures with the modeling language SysML.

Literatur

- Vorlesungsfolien (pdf-Dateien)
- Freund; B. Brücker: Praxishandbuch BPMN: Mit Einführung in CMMN und DMN; Hanser-Verlag 2016
- Haberfellner; ...: Systems Engineering: Grundlagen und Anwendung; 2015
- Alt: Modellbasierte Systementwicklung mit SysML; Hanser-Verlag 2012

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), Meeresenergie (Leistung von Wasserwellen, Meeresströmungskraftwerke), Gezeitenenergie (Entstehung von Ebbe und Flut, Gezeitenkraftwerke) und der Geothermie (oberflächennahe und hydrothermale Erdwärmenutzung, heiße Gesteinsschichten) behandelt. Ein weiteres Schwerpunktthema bildet die Photosynthese und die Möglichkeiten der energetischen Biomassenutzung (Verbrennung, Vergasung, Pyrolyse, Biogaserzeugung, Äthanolherstellung). Bei jeder Technologie wird auf den erreichten Stand der Technik eingegangen sowie die technischen und wirtschaftlichen Potentiale diskutiert.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Der Student ist in der Lage, regenerative Energiesysteme auf Basis Wind, Wasserkraft, Geothermie, und Biomasse technisch und ökonomisch zu bewerten. Das zukünftige Potential und der Stand der Technik sind bekannt.

Description / Content English

The physical and technical fundamentals of wind energy conversion like power density of wind, measurement of wind speed and wind energy conversion principles will be explained. For water power, the relevant topics are construction principles and components, especially types of turbines, and pumped storage stations as well as energy conversion of tidal and ocean current and waves. The different types of geothermal energy (near surface, hydrothermal, hot dry rock) and biomass are further main foci, including combustion and gasification technology, fermentation for ethanol and biogas generation. For each of these technologies, the achieved state-of-the-art will be presented, the future technical and economical potential will be discussed.

Learning objectives / skills English

The students are able to judge regenerative energy systems on basis of wind and water power, biomass and geothermal energy with respect to technology and economics. The future potential and the state-of-the-art are known.

Literatur

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

Kursname laut Prüfungsordnung			
Schiffsschwingungen			
Course title English			
Ship Vibrations			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Prüfungsleistung			
Schriftliche Ausarbeitung im Umfang von ca. 15-20 Seiten. Die Veranstaltung wird abgeschlossen durch eine erfolgreiche Teilnahme an einer 30-60 minütigen mündlichen Prüfung.			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Vorlesung befasst sich mit globalen und lokalen Vibrationen auf Schiffen, deren Erregungsquellen, Berechnungsmethoden und Auswirkungen.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage, die Berechnungsmethoden zur Vorhersage von Vibrationen von Schiffsrumpf und Schiffsanhängen zu erläutern. Weiterhin sind sie fähig, Erregerquellen sowie Maßnahmen zur Reduktion bzw. Vermeidung von Schwingungen zu identifizieren.

Description / Content English
The lecture deals with the global and local vibrations of ship structures, their excitation sources, analytical methods and the effects of such vibrations.
Learning objectives / skills English
The students are able to explain the computational methods for the prediction of vibrations of ship structures and appendages. Moreover, they are in a position to identify excitation sources and provide solutions to reduce or avoid such vibrations.

Literatur
I. Asmussen, W. Menzel, H. Mumm: Ship Vibration, GL Technology, Germansicher Lloyd, Hamburg, 2001
H. Söding, W. Fricke, G. Jensen: Schiffsvibrationen, Vorlesungsmanuskript, TUHH, 2007
J. M. Ross: Human Factors for Naval Marine Vehicle Design and Operation, Ashgate Publishing, 2009
D. Gross, W. Hauger, J. Schröder, W.A. Wall: Technische Mechanik – Band 3: Kinetik, Springer, 2006

Kursname laut Prüfungsordnung			
Schweißtechnische Fertigungsverfahren			
Course title English			
Welding Technical Manufacturing Method			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>In der Vorlesung Schweißtechnik wird ein Überblick über die wesentlichsten Verfahren im Bereich Schweißen, Schneiden und thermische Beschichtungsverfahren gegeben. So werden grundlegende Hinweise zu den Verfahrensprinzipien, Anwendungsgebieten und Vor- und Nachteile dargestellt. Die Ausführungen werden mittels moderner Medien, z.B. Videos, Power-Point-Präsentationen etc. ergänzt.</p> <p>Des Weiteren wird ein 1-tägiges Praktikum in der SLV Duisburg angeboten, in dem die Studierenden die Schweißverfahren praktisch erleben und auch selbst schweißen können.</p> <p>Angeboten werden neben den klassischen Schutzgasverfahren (MIG/MAG/WIG) das LASERSchweißen, Plasma-Schweißen und besondere Widerstands-Schweißverfahren. Die bestandene schriftliche Prüfung ermöglicht die Zulassung zum Teil 1 der EWE-Prüfung (SFI).</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sollen die schweißtechnischen Fertigungsverfahren für industrielle Anwendungen einsetzen und anwenden.

Description / Content English
<p>This course gives an overview of the most important welding techniques in their practical use .</p> <p>Thereby the advantages, disadvantages and the applications of the different welding processes- TIG-,Plasma-,Laser-, EB-,MMA-,SAW-,MIG/MAG-,Resistance - and Acetylene-Welding - were discussed.</p> <p>In the associated practical lab the students have the chance to improve some welding processes by themselves.</p> <p>Because of the reason that the SLV is the important welding trainer in Europe all technical and personal assumptions are given .</p> <p>A one visit trip to a welding manufacturer is finishing the course.</p>
Learning objectives / skills English
The students shall understand and use different welding technologies for industrial applications.

Literatur
SFI-Aktuell 2003 , SLV Duisburg
Killing,R.: Kompendium der Schweißtechnik , DVS-Verlag Düsseldorf

Kursname laut Prüfungsordnung**Seeverhalten und hydrodynamische Belastung von Schiffen und Offshore-Anlagen****Course title English**

Seakeeping and Hydrodynamic Loads of Ships and Offshore Structures

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

Prüfungsleistung

Die Prüfungsleistung wird von den Studierenden in Form der Abgabe einer in kleinen Gruppen, semesterbegleitend angefertigten Hausarbeit und einer mündlichen Prüfung mit einer Dauer zwischen 30 und 60 Minuten erbracht.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung befasst sich mit dem Seeverhalten von Schiffen und Belastungen von Offshore-Strukturen. Die lineare Wellentheorie, die Bewegungsgleichungen starrer Körper, die mathematische Modellierung des natürlichen Seegangs sowie die Berechnung der Schnitt- und lokalen Lasten werden behandelt.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind in der Lage, gängige Methoden zur Beurteilung des Seeverhaltens von Schiffen und Offshore-Strukturen anzuwenden und deren physikalischen Hintergründe zu erklären.

Description / Content English

This lecture deals with the seakeeping of ships and the hydrodynamic loads on offshore structures. The linear wave theory, equations of motion for rigid bodies, the modeling of natural seaway and the computation of global and local loads are addressed as well.

Learning objectives / skills English

The students are able to apply state-of-the-art methods to assess the seakeeping of ships and offshore structures, as well as their physical background.

Literatur

V. Bertram: Practical Ship Hydrodynamics,
Butterworth-Heinemann, 2000

A. R. J. M. Lloyd: Seakeeping - Ship behaviour in rough weather,
Ellis Horwood, 1998

J. J. Jensen: Load and Global Response of Ships,
Elsevier Science, Oxford, UK, 2001

O. M. Faltinsen: Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles,
Cambridge University Press, UK, 2006

Kursname laut Prüfungsordnung			
Sicherheit und Risikoanalyse von Schiffen und Offshore-Anlagen			
Course title English			
Safety and Risk Analysis of Ships and Offshore Structures			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
5	WS	Deutsch	1
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
Die Vorlesung befasst sich mit wahrscheinlichkeitstheoretischen und statistischen Grundlagen zur Zuverlässigkeitsbewertung im maritimen Bereich. Es werden spezielle Verteilungsfunktionen, Zuverlässigkeits- und Sicherheitskenngrößen erläutert und Zuverlässigkeitsanalysen an einfachen maritimen Systemstrukturen durchgeführt. Außerdem wird ein Einblick in Monte-Carlo-Methoden sowie die Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA) gegeben.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage, die wahrscheinlichkeitstheoretischen und statistischen Ansätze zu erklären. Weiterhin können sie Zuverlässigkeits- bzw. Risikountersuchungen analysieren und verstehen sowie Analysen an einfachen Systemen selbst durchführen.

Description / Content English
The lecture deals with the probabilistic and statistical principles for reliability assessment in the maritime sector. Special distribution functions, reliability and safety parameters are explained and reliability analyses of simple maritime structures are made. Additionally, an insight is given into Monte-Carlo failure mode and effects analysis.
Learning objectives / skills English
The students are able to explain the probabilistic and statistical approaches. Moreover, they can analyse and understand reliability and risk analyses and carry out their own analyses of simple structures.

Literatur
A. Meyna, B. Pauli: Zuverlässigkeitstechnik - Quantitative Bewertungsverfahren, Carl Hanser Verlag, 2010
O. Krappinger: Die quantitative Berücksichtigung der Sicherheit und Zuverlässigkeit bei der Konstruktion von Schiffen, Schriftenreihe Schiffbau, Nr. 213, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1967

Kursname laut Prüfungsordnung			
Strömungsmaschinen			
Course title English			
Fluid Machines			
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 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**Strukturfestigkeit von Schiffen und Offshore-Anlagen 2****Course title English**

Structural Analysis of Ships and Offshore Structures 2

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

Prüfungsleistung

Die Prüfungsleistung wird von den Studierenden in Form der Abgabe einer in kleinen Gruppen, semesterbegleitend angefertigten Hausarbeit und einer mündlichen Prüfung mit einer Dauer zwischen 30 und 60 Minuten erbracht.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Die Vorlesung vertieft Inhalte zur Betriebsfestigkeit, Traglast und Bruchmechanik. Verschiedene Methoden (Spannungskonzepte) zur Lebensdauerberechnung von Bauteilen werden behandelt und an Schiffen sowie meerestechnischen Strukturen beispielhaft verdeutlicht. Außerdem werden Verfahren zur analytischen Berechnung von torsions- und schubbelasteten zusammengesetzten Querschnitten aufgezeigt. Schiffstypspezifische Festigkeitsprobleme werden vertieft und entsprechende Lösungsansätze werden vorgestellt.

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind in der Lage, Lebensdauerberechnungen für maritime Strukturen mit den gängigen Spannungskonzepten und mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode durchzuführen und kennen qualitativ die zu erwartenden Lasten, die auf diese Strukturen wirken können.

Description / Content English

The lecture imparts the knowledge about fatigue analyses, ultimate strength and fracture mechanics. Different numerical approaches for the fatigue assessment of ship and offshore structures are introduced and demonstrated with application examples. Furthermore, analytic techniques for torsional- and shear loaded sections are presented. Different types of ships and their characteristics of structural strength are addressed and structural solutions demonstrated.

Learning objectives / skills English

The students are able to perform fatigue analyses for maritime structures using common stress approaches and finite element methods and they are acquainted with acting loads.

Literatur

T. Lamb (Hrsg.): Ship Design and Construction, Society of Naval Architects & Marine Engineers, 2003

D. Radaj, C. M. Sonsino: Fatigue assessment of welded joints by local approaches, Woodhead Publishing, 1998

B. Boon: Structural Arrangement and component design, In: T. Lamb (Hrsg.): Ship Design and Construction, Volume I, Chapter 17, SNAME, 2003

Kursname laut Prüfungsordnung			
Technische Schadenskunde			
Course title English			
Failure Analysis			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	WS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Prüfungsleistung			
Schriftliche Prüfung: Fragen zur schriftlichen Beantwortung wahlweise in deutscher oder englischer Sprache. Einfache Berechnungen, Taschenrechner erforderlich.			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>Die Vorlesung befasst sich mit den modernen Strategien zur Schadensanalytik. Dabei werden zunächst die Schädigungsmechanismen von mechanisch, chemisch und thermisch bedingten Schäden vorgestellt und deren direkte Zuordnung anhand von Schädigungserscheinungsformen erläutert. Die Vorgehensweise stützt sich dabei auf übliche optische, physikalische und chemische Analysemethoden, sowie analytische Berechnungen. Nach Bestimmung der Schadensmechanismen und der Schadensfolge werden mögliche Wege zur Schadensabhilfe (Sofortmaßnahmen) und grundsätzlichen Vermeidung (Gegenmaßnahmen) vor dem Hintergrund realer Schäden aufgezeigt.</p> <p>In der Übung führen die Studentinnen und Studenten anhand von Schadteilen im Team unter Anleitung und selbstständig vollständige Schadensanalysen incl. dem notwendigen Berichtswesen durch.</p>
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
<p>Die Studierenden kennen die grundlegenden mechanischen und chemischen Beanspruchungen und daraus resultierende mögliche Schadenseinleitung und -ausbreitung in Komponenten des Maschinenbaus und verwandter Bereiche. Sie können Schädigungsmechanismen erkennen und Beanspruchungen zuordnen. Die Studierenden können anhand von beobachteten und gemessenen Größen, sowie mit Hilfe zusätzlicher verfügbarer Informationen (Fachliteratur, Datenbanken, Berechnungen) den möglichen Schadensablauf erklären und gezielte Maßnahmen zur Vermeidung ergreifen. Die Studierenden können fachgerechte Berichte zur technischen Schadensanalyse verfassen.</p>

Description / Content English
<p>This lecture focusses on modern strategies of failure analysis. Firstly basic failure mechanisms of mechanically, chemically, and thermally induced failures are introduced and correlated with typical and special failure appearances. The proceeding is based on common optical, physical and chemical measurement techniques, as well as analytical calculations. After the failure mechanisms are understood possible immediate and long-term (e.g. design-based) countermeasures and strategies to avoid the damage are presented and discussed. In exercises the students deal with real failed parts, for which they carry out complete failure analyses incl. appropriate reporting.</p>
Learning objectives / skills English
<p>The students know the fundamental mechanical and chemical loads and possible resulting damage initiation and failure in components from mechanical engineering. They can recognize failure mechanisms and identify related load conditions. The students are able to explain a possible failure process based on observed and measured values, and with the help of additional available information (literature, data bases, calculations). They can select targeted measures to avoid a failure. The students are enabled to write a professional failure analysis report.</p>

Literatur

Broichhausen, Josef:

Schadenskunde : Analyse und Vermeidung von Schäden in Konstruktion, Fertigung und Betrieb.

DU: 33WFB1760, E: 41WBF83

Lange, Günter [Hrsg.]:

Systematische Beurteilung technischer Schadensfälle.

DU: 43ZHE1904, E: 41ZLP1230

Grosch, Johann: [Serie]

Schadenskunde im Maschinenbau : charakteristische Schadensursachen - Analyse und Aussagen von Schadensfällen.

E: 41ZLI1374

Kaesche, Helmut:

Die Korrosion der Metalle : physikalisch-chemische Prinzipien und aktuelle Probleme.

DU: D33ZMU1213, E: 31ZMP1006(2)

Kunze, Egon [Hrsg.]

Korrosion und Korrosionsschutz

DU: D33ZMP1226, E E40ZMP1266

VDI-Richtlinie 3822:

Schadensanalyse, Teil 1- Teil 5

Digitale Bibliothek über VDI-Richtlinien

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, turbulenter Strömungen. Fluide bewegen sich in laminarer oder turbulenter Strömung. Die Bewegung laminarer Strömung kann exakt modelliert werden. Turbulente Strömungen, die für nahezu alle technischen Anwendungen relevant sind, sind auf Grund ihres stochastischen Charakters jedoch nur näherungsweise zu erfassen. Die Vorlesung analysiert die Struktur der turbulenten Strömungen, und baut darauf die Behandlung der wichtigsten Ansätze zu ihrer Modellierung und Berechnung. Folgende Inhalte werden vermittelt und diskutiert:

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			
Verbrennungsmotoren			
Course title English			
Internal Combustion Engines			
Kreditpunkte	Turnus	Sprache	Pflicht/Wahl
4	SS	Deutsch	0
SWS Vorlesung	SWS Übung	SWS Praktikum/Projekt	SWS Seminar
2	1		
Prüfungsleistung			

Beschreibung / Inhalt Deutsch
<p>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.</p> <ol style="list-style-type: none"> 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
<p>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.</p>

Description / Content English
<p>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.</p> <ol style="list-style-type: none"> 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
<p>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.</p>

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			
Wellentheorie und Welleninduzierte Lasten			
Course title English			
Wave Theory and Wave Loads			
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 gibt eine Einführung in die nichtlineare Wellentheorie sowie die theoretische Beschreibung und die Berechnung welleninduzierter Lasten auf spezielle Offshore-Strukturen.
Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch
Die Studierenden sind in der Lage, die Konzepte zur Beurteilung von Problemen im Zusammenhang mit nichtlinearen Wellen im Seegang in tiefem und flachem Wasser zu verstehen und zu erläutern.

Description / Content English
The lecture gives an introduction to nonlinear wave theory, the theoretical description of seaways and the computation of wave induced loads on selected offshore structures.
Learning objectives / skills English
The students are able to understand and explain the terminology and concepts to assess problems arising with waves in seaways and on shallow water.

Literatur
G. F. Clauss, E. Lehmann, C. östergaard: Meerestechnische Konstruktionen, Springer Verlag, 1988
J. V. Wehausen, E. V. Laitone: Surface Waves, In: S. Flügge (Hrsg.), Encyclopedia of Physics, Volume IX, Fluid Dynamics III, Springer Verlag, 1960 http://www.coe.berkeley.edu/SurfaceWaves/
V. Bertram: Practical Ship Hydrodynamics, Butterworth-Heinemann, 2000

Kursname laut Prüfungsordnung**Zwei- und dreidimensionale Tragwerke****Course title English**

Two and Three Dimensional Supporting Structures

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

Prüfungsleistung

Schriftliche Ausarbeitung im Umfang von ca. 15-20 Seiten.

Die Veranstaltung wird abgeschlossen durch eine erfolgreiche Teilnahme an einer 30-60 minütigen mündlichen Prüfung.

Beschreibung / Inhalt Deutsch

Das Tragverhalten von zwei- und dreidimensionalen Tragwerken, insbesondere im Hinblick auf Stabilitätsprobleme, spielt im Ingenieurwesen eine große Rolle. Nach Diskussion der Euler-Stäbe wird das Tragverhalten von Platten, Scheiben und Membranen erläutert. Die Stoffgleichungen und die Deformationsmaße werden unter Berücksichtigung der entsprechenden Kinematik hergeleitet und die Platten- und Scheibengleichung sowie Membrantheorie für Schalen diskutiert. Die Plattengleichung wird für spezielle Randwertprobleme mittels Näherungsverfahren (Ritz, Galerkin) gelöst. Ferner werden Stabilitätsprobleme für Platten analysiert.

Die Inhalte der Veranstaltung:

Stabilitäts- und Verzweigungsprobleme

- Verzweigung einer Gleichgewichtslage
- Kritische Lasten, Euler-Stäbe, Knickformen

Theorie der Flächentragwerke

- Stoffgleichungen, Kinematik und Gleichgewicht
- Platten- und Scheibengleichung
- Schalentheorie (Membrantheorie)

Die Vorlesung wird durch Übungen ergänzt. In den Übungen wird mit Hilfe des Programms Maple das Tragverhalten Platten, Scheiben und Schalen mittels Näherungsverfahren (Berechnung der Verzerrungen, Spannungen und Verformungen, Stabilitätsuntersuchungen von Platten).

Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Ziel der Veranstaltung ist es, dass die Studierenden das Tragverhalten von Flächentragwerken analysieren und die beschreibenden Gleichungen mittels Näherungsverfahren lösen können.

Die Studierenden

- beherrschen die Herleitung der Platten- und Scheibengleichung,
- können problemorientiert die Gleichungen für verschiedene Randwertprobleme lösen formulieren,
- können das Tragverhalten von Schalen analysieren und
- sind in der Lage Stabilitätsuntersuchungen für Stäbe und zweidimensionale Tragwerke durchzuführen.

Description / Content English

The structural behavior of two-and three-dimensional structures, particularly with regard to stability problems, plays a major role in engineering. After discussion of the Euler columns, the behavior of plates, discs and

membranes will be explained. The constitutive relations and the deformations are derived for plates, disks and shells in consideration of the corresponding kinematics. The equation for plates is solved for specific boundary value problems by using approximation methods (Ritz, Galerkin). Furthermore, stability problems for plates will be analyzed.

Contents of the lecture:

Buckling of bars

- bifurcation of equilibrium
- critical loads, Euler columns, buckling curves

Theory of shell structures

- constitutive equations, kinematics and equilibrium
- equations for plates and disks
- theory of shells (membrane theory)

The lecture will be supplemented by tutorials. The goal of the tutorials is to analyze the structural behavior of plates, disks and shells by means of approximation methods by using the program Maple (computation of strain, stresses and displacement, analysis of stability problems of plates).

Learning objectives / skills English

The aim of the course is that the students can analyze the structural behavior shell structures and are able to solve the describing equations with help approximation methods.

The students

- will gain the ability to derive the equations for plates and disks,
- are able to solve the equations for different boundary value problems,
- can analyze the structural behavior of shells and
- are able to analyze stability problems of columns and plates.

Literatur

- Girkmann, K.: Flächentragwerke. Springer, 1978.
- Gross, D., Hauger, W., Schröder, J. & Wall, W.A.: Technische Mechanik 2 – Elastostatik. Springer, 2007.
- Gross, D., Hauger, W., Schröder, J. Wall, W.A. & Bonet, J.: Engineering Mechanics 2 – Mechanics of Materials. Springer, 2011.
- Hake, E. & Meskouris, K.: Statik der Flächentragwerke: Einführung mit vielen durchgerechneten Beispielen. Springer, 2007.
- Klassifikations- und Bauvorschriften - Schiffstechnik: 1. Seeschiffe, 1. Schiffskörper. Germanischer Lloyd, 2004.
- Wriggers, P. Hauger, W. & Gross, D.: Technische Mechanik 4 – Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden. Springer, 2011.