



*Offen im Denken*



## Modulbeschreibung

### M.Sc. Power Engineering PO24

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Anlagen zur Erzeugung und Speicherung elektrischer Energie			
<b>Module title English</b>			
Systems for generating and storing electrical energy			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Anlagen zur Erzeugung und Speicherung elektrischer Energie</b>			
<b>Course title English</b>			
Systems for generating and storing electrical energy			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Vennegeerts, Hendrik	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Veranstaltung behandelt die verschiedenen Arten der heutigen Elektrizitätserzeugung mit ihren jeweiligen Charakteristika und Restriktionen. Der Vorlesungsstoff umfasst in erster Linie die konventionellen Kraftwerkstypen einschließlich der Kernenergienutzung. Für den dominierenden Bereich der thermischen Kraftwerke werden eingangs die thermodynamischen Grundlagen vermittelt. Berücksichtigung findet auch die Einbindung der unterschiedlichen Kraftwerke in das elektrische Netz sowie die sich daraus ergebenden Konsequenzen hinsichtlich Einsatzmöglichkeiten, Regelung, Eigenbedarf und Netzrückwirkungen. In der begleitenden Übung werden Beispiele zur Kraftwerksauslegung und -anwendung rechnerisch behandelt.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden verstehen die verschiedenen Prinzipien der Kraftwerkstechnik, können ihre die Planung und den Betrieb betreffenden Unterschiede und Charakteristika einordnen und die Wechselbeziehung mit dem elektrischen Energieversorgungsnetz auf Basis ihres Fachwissens aufzeigen.

<b>Description / Content English</b>
The lecture deals with diverse plant types for electric power generation including their particular characteristics and restrictions. Main focus is on conventional plant types including nuclear. For the predominant group of thermal plants fundamentals of thermodynamics are conveyed first. Furthermore, integration of generation plants in el. power systems including consequences with regard to commitment, control, auxiliary power supply and retroactive effects are treated. The lectures are accompanied by calculation exercises for plant design and application.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students understand the diverse principles of power plant technologies; they are able to assess their characteristics and specifics with regard to plant design and operation, and to comprehend the interaction of generation plants and power systems based on their expertise.

**Literatur**

H. Happoldt / D. Oeding / B. Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze, 6. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, 2004

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Betriebsmittel der Hochspannungstechnik			
<b>Module title English</b>			
High Voltage Devices			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Betriebsmittel der Hochspannungstechnik</b>			
<b>Course title English</b>			
High Voltage Devices			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hirsch, Holger	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1	1	
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Portfolioprüfung (80% Klausur, 20% Praktikum)			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Veranstaltung wendet die Grundlagenkenntnisse zur Hochspannungstechnik auf Betriebsmittel der Hochspannungstechnik an. Neben den Konstruktionselementen von Transformatoren, Teilern, Durchführungen, Ausleitungen und Hoch- und Mittelspannungsschalter werden Leitungen und deren transientes Verhalten diskutiert.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind in der Lage, hoch-spannungstechnische Geräte zu analysieren und zu entwickeln. Sie beurteilen die Wirksamkeit konstruktiver Elemente und das Verhalten von Isolierstoffen in komplexen Geräten.

<b>Description / Content English</b>
The course focus on application of the fundamentals of high voltage engineering for devices used in high voltage apparatus. Besides construction elements of transformers, dividers, bushings and switches transport lines and their transient behaviour will be discussed.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students are able to analyse and develop high voltage apparatus. They assess the effectiveness of construction elements and the behaviour of insulation materials in complex devices.

<b>Literatur</b>
E.Kuffel, W.S.Zaengl, J.Kuffel: High Voltage Engineering: Fundamentals, Newnes, 2005
M.Beyer, W.Boeck, K.Möller: Hochspannungstechnik: Theoretische und praktische Grundlagen, Springer, 2006
A.J.Schwab: Begriffswelt der Feldtheorie, Springer, 1998

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Elektrizitätswirtschaft			
<b>Module title English</b>			
Power Industry			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Elektrizitätswirtschaft			
<b>Course title English</b>			
Power Industry			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Vennegeerts, Hendrik	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
Hausarbeit			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Struktur der elektr. Energieversorgung in Deutschland und weltweit; Investitionsrechnung in der elektr. Energieversorgung; Kosten der elektr. Energieerzeugung -übertragung; Optimierung und andere Einsparpotentiale; Tarifmodelle; Aufbau und Funktionsweise des liberalisierten Strommarktes
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden verstehen die ökonomischen Zusammenhänge der elektrischen Energieerzeugung, Übertragung und Verteilung und kennen die Funktionsweise des liberalisierten Strommarktes.

<b>Description / Content English</b>
Structure of electrical power systems Investment planning and calculation in electrical power systems Cost of power generation and transmission Optimization and other power saving methods Tariffs Structure and operation of liberalized electricity market
<b>Learning objectives / skills English</b>
Students know the economical aspects of electrical power generation, transmission and distribution and are familiar with the liberalized power market.
<b>Literatur</b>

R. Flosdorff; G. Hilgarth: Elektrische Energieversorgung, Teubner Verlag, 1986

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Elektromagnetische Verträglichkeit			
<b>Module title English</b>			
Electromagnetic Compatibility			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Elektromagnetische Verträglichkeit			
<b>Course title English</b>			
Electromagnetic Compatibility			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hirsch, Holger	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	W/S	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		1
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Elektrische und elektronische Geräte basieren auf dem gezielten Transport und der Verarbeitung elektrischer und magnetischer Felder. Neben dieser beabsichtigten ist eine unbeabsichtigte Feldausbreitung oder Beeinflussung einer elektrischen Funktion durch Felder möglich, die von anderen Geräten der Umgebung stammen. Genau mit solchen Störphänomenen beschäftigt sich die Vorlesung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Es werden Verfahren zur Sicherstellung der Produkteigenschaft EMV entwickelt. Neben der EMV-Messtechnik und -Messverfahren werden technische Maßnahmen am Produkt besprochen und charakterisiert. In einer Übung werden die Lehrinhalte vertieft.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studenten sind in der Lage technische Maßnahmen zur Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit, wie Filterung und Schirmung zu dimensionieren. Sie erlernen die begründete Auswahl geeigneter EMV-Messverfahren für bestimmte Produkte im Rahmen der Qualitätssicherung.

<b>Description / Content English</b>
Electric and electronic appliances are based on the intended use and transport of electric and magnetic fields. Beside this intended use, fields of external sources may influence the function of an electronic component. Furthermore the emission of fields of this electronic component either radiated or conducted can potentially disturb other equipment in the neighbourhood or radio services. These disturbance phenomena are covered by the lecture Electromagnetic Compatibility (EMC). Methods to ensure the product property EMC will be derived. Besides EMC measurement technology and measurement methods technical measures applied to products will be discussed and characterised. The content will be deepened in exercises.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students are able to develop technical suppression measures for the improvement of the electromagnetic compatibility, like filter and shielding. They learn the justified selection of suitable EMC-measurement methods for specific products with regard to quality assurance.

## Literatur

- 1 Schwab: Elektromagnetische Verträglichkeit , Springer Verlag 1996
- 2 Perez: Handbook of EMC, Academic Press 1995
- 3 Kellerbauer/Gustrau: Elektromagnetische Verträglichkeit, Hanser Verlag, 2015

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Energiewandlungsmaschinen			
<b>Module title English</b>			
Energy conversion machines			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Energiewandlungsmaschinen			
<b>Course title English</b>			
Energy conversion machines			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Brillert, Dieter; Schuster, Sebastian	MB		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
1			3
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Abtestat mit Präsentation			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Es wird ein Überblick über die unterschiedlichen Fluidenergiemaschinen gegeben mit Bezug zur nachhaltigen Versorgung der Gesellschaft mit Energie. Insbesondere wird der Fokus auf die Windenergieanlagen/Windturbinen gelegt, die mit ihrem Potenzial mit on- und offshore Anlagen erheblich zur Versorgung beitragen. Das Potenzial der Windenergie und die Umwandlung in elektrische Energie werden diskutiert. Dies wird begleitet durch die Betrachtung der Windenergie im Energiesystem, die Konzepte der Windturbinen inkl. der Aerodynamik, des mechanischen Aufbaus, des Betriebes sowie der Wartung der Anlagen.
Im Rahmen einer Seminararbeit in Gruppen wird eine bestehende Kleinwindkraftanlage betrachtet. Es ist das Ziel diese zu verbessern und die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Konzepte zu diskutieren. Die Verbesserung wird dann von der Gruppe konstruktiv umgesetzt und fertigungstechnisch begleitet. Ein Umbau der Kleinkraftwindanlage erfolgt im Labor des Fachgebietes. Im Windtunnel wird dann im Anschluss die Anlage vermessen und abschließend werden in einem Abtestat die Ergebnisse von der Gruppe vorgestellt und diskutiert. Das Seminar ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung. Empfohlene Voraussetzung für diese Lehrveranstaltung sind die bestandenen Prüfungen in Thermodynamik, Strömungsmechanik und Energiewandlung in Strömungsmaschinen.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Sie (die Studierenden) verstehen den Aufbau einer Windkraftanlage/Windturbine und kennen die grundsätzlichen Herausforderungen und Zusammenhänge der Energiewandlung. Sie sind in der Lage in einem Projektteam zusammenzuarbeiten und können konstruktiv an einer Verbesserung einer Windkraftanlage arbeiten.

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

An overview of the different fluid energy machines is given with reference to the sustainable supply of society with energy. In particular, the focus is placed on wind turbines, which contribute significantly to the supply with their potential with on- and offshore turbines. The potential of wind energy and its conversion into electrical energy are discussed. This is accompanied by the consideration of wind energy in the energy system, the concepts of wind turbines including aerodynamics, mechanical construction, operation as well as maintenance of the turbines.

Within the framework of a seminar work in groups, an existing small wind turbine is examined. The aim is to improve it and discuss the advantages and disadvantages of the different concepts. The group then implements the improvement constructively and accompanies it in terms of production technology. The small wind turbine is converted in the department's laboratory. The system is then measured in the wind tunnel in the department's laboratory, and the results are presented and discussed by the group in a final test. Participation in the seminar is a prerequisite for the examination. Recommended prerequisites for this course are having passed the examinations in thermodynamics, fluid mechanics and Energy conversion in turbomachinery.

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

You (the students) will understand the structure of a wind turbine and the basic challenges and interrelationships of energy conversion and you are able to work in a project team and contribute constructively to the improvement of a wind turbine.

### **Literatur**

siehe Webseite des Lehrstuhls Strömungsmaschinen

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Fahrzeugtechnik und Energieversorgung für die Elektromobilität			
<b>Module title English</b>			
Vehicle technology and energy supply for electromobility			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Fahrzeugtechnik und Energieversorgung für die Elektromobilität</b>			
<b>Course title English</b>			
Vehicle technology and energy supply for electromobility			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hirsch, Holger; Vennegeerts, Hendrik	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Mündliche Prüfung			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Veranstaltung setzt sich mit dem Aufbau und dem Betrieb elektrischer Bordnetze auseinander. Hierzu gehören insbesondere Netze in Schiffen, Kraftfahrzeugen (einschließlich Elektromobilität) und Flugzeugen. Neben den topologischen Besonderheiten werden Randbedingungen hinsichtlich Ausfallsicherheit, Schutz, Netzbetrieb, Notversorgung und elektromagnetischer Verträglichkeit sowie Bussysteme zur Steuerung behandelt. Die begleitende Übung beinhaltet Beispiele zur Auslegung von Einspeiseleistung, Betriebsmitteln und Netztopologie.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden haben einen Überblick über die spezifischen Anforderungen bei Bordnetzen und können diese bewerten und in an das jeweilige Verkehrsmittel angepasste Lösungen umsetzen.

<b>Description / Content English</b>
Structure and operation of electric power systems on board of ships, cars (including electro-mobility) and airplanes are analyzed and the specific demands are characterized with regard to security, protection, emergency operation and electromagnetic compatibility, as well as bus systems for control. The appertaining exercise covers examples for dimensioning of systems, devices and topology.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students have a survey of specific demands of electric board systems and are able to characterize and evaluate them in order to procure appropriate solutions.

<b>Literatur</b>
Batterien, Bordnetze und Vernetzung; Reif, Konrad. - 2010
Batterien und Bordnetze : [Starterbatterien, Ladegeräte, herkömmliche und künftige Bordnetze, Schaltzeichen und Schaltpläne, Leitungsberechnung, Steckverbindungen, elektrische Antriebe, Antriebsbatterien]; Richter, Gerolf. - 2002

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Grundlagen der Hochspannungstechnik			
<b>Module title English</b>			
Fundamentals of High-Voltage Engineering			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Grundlagen der Hochspannungstechnik			
<b>Course title English</b>			
Fundamentals of High-Voltage Engineering			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hirsch, Holger	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Veranstaltung behandelt die Grundlagen der Hochspannungstechnik. Im Zentrum steht das Verhalten von Materie bzw. des Vakuums beim Vorliegen hoher elektrischer Felder. Die Betrachtung der Durch- oder Überschlagsmechanismen reicht vom Zusammenbruch des Isoliervermögens bis hin zur Physik von Lichtbögen. Der Vorlesungsstoff wird durch Übungen vertieft.
Zum Ende des Semesters (nicht im Fernstudiengang) werden die Durchschlagsphänomene im Hochspannungslabor praktisch verdeutlicht.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>

<b>Description / Content English</b>
The course deals with the basics of High Voltage Engineering. It focus on the behaviour of matter and vacuum in the presence of high electric field strength. The consideration of breakdown and flashover mechanism starts with the failure of isolation and ends with the physics of electrical arcs. The topics of the lecture are accompanied by an exercise. At the end of the semester (not in the distance learning course), the breakdown effects will be demonstrated in a visit of the high voltage lab.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students are able to explain breakdown and flashover mechanism and to apply this knowledge to insulators. They analyse the behaviour of insulation matter and will be able to derive more complex insulation systems.

<b>Literatur</b>
------------------

- E.Kuffel, W.S.Zaengl, J.Kuffel: High Voltage Engineering: Fundamentals, Newnes, 2005  
M.Beyer, W.Boeck, K.Möller: Hochspannungstechnik: Theoretische und praktische Grundlagen, Springer, 2006  
A.J.Schwab: Begriffswelt der Feldtheorie, Springer, 1998  
V.Y.Ushakov: Insulation of High-Voltage Equipment, Springer, 2004

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Hochspannungsgleichstromübertragung			
<b>Module title English</b>			
High-Voltage DC Power Transmission			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Hochspannungsgleichstromübertragung</b>			
<b>Course title English</b>			
High-Voltage DC Power Transmission			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hirsch, Holger	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1	1	
<b>Studienleistung</b>			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Mündliche Prüfung			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Veranstaltung widmet sich den Besonderheiten von Gleichstromsystemen in der elektrischen Energietechnik. Nach Behandlung der Funktion der speziellen Bauelemente werden Stromrichter-schaltungen besprochen. Die übrigen Betriebsmittel, wie Kabel und Erder stellen einen weiteren wesentlichen Teil der Vorlesung dar, da deren Auslegung sich wesentlich von klassischen Energienetzen unterscheiden.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden lernen die Bauelemente, Schaltungen und Berechnungsmethoden für HGÜ-Umrichter und die zur Übertragung notwendigen Komponenten kennen. Sie beherrschen die Begriffe und Verfahren und sind damit in der Lage, sich in die speziellen Problemstellungen der Hochspannungsgleichstromübertragung schnell einzuarbeiten.

<b>Description / Content English</b>
The course focus on the specialities of HVDC-systems for energy transmission systems. After introduction of the function of the used components converter circuits will be discussed. The transmission related components like cables and grounding systems are another topic of the course, since the design of these components differ significantly from components used in classical AC power grids.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students know the power electronic components, circuits and calculation methods for HVDC systems as well as the special components used for power transmission. They are able to become acquainted in the solution of technical problems.

<b>Literatur</b>
------------------

Valentin Crastan, Dirk Westermann: Elektrische Energieversorgung 3, Springer Verlag, 3. Auflage, 2011

Joachim Specovius: Grundkurs Leistungselektronik, Springer Verlag, 6. Auflage, 2012

Dierk Schröder: Leistungselektronische Schaltungen, Funktion, Auslegung und Anwendung, Springer Verlag, 3. Auflage, 2012

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Hochspannungsmess- und Prüftechnik			
<b>Module title English</b>			
High Voltage Test and Measurement Technologies			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Hochspannungsmess- und Prüftechnik</b>			
<b>Course title English</b>			
High Voltage Test and Measurement Technologies			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hirsch, Holger	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		1
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Mündliche Prüfung			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
In der Veranstaltung werden Test- und Prüfverfahren der Hochspannungstechnik sowie die hierzu benötigten Geräte und deren Betriebsverhalten vorgestellt.
Hierzu gehören die Spannungsgerzeuer für Wechsel-, Gleich- und Stoßspannungen, die Messteile und Anzeigegeräte für diese Spannungen sowie die Methoden der zerstörungsfreien Prüftechnik wie die Verlustfaktor- und Teilentladungsmess-technik.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden lernen die Geräte und Verfahren der Hochspannungsmess- und Prüftechnik kennen und können ihre Einsatzmöglichkeiten und -grenzen abschätzen. Sie sind in der Lage, die fachspezifischen Normen zu interpretieren und die Ergebnisse solcher Prüfungen zu beurteilen.

<b>Description / Content English</b>
The course focus on the test and measurement technologies and the devices used for generation and measurement of alternating, direct and impulse voltages. In addition methods for the nondestructive test of insulations were presented.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students learn the methods and devices for generating and measurement of alternating, direct and impulse voltages. They are able to interpret the technical standards and the results of such tests.

<b>Literatur</b>
------------------

Adolph J. Schwab: Hochspannungsmesstechnik - Messgeräte und Messverfahren, 2. Auflage 1981, Nachdruck 2011,  
Springer Heidelberg 2011

Andreas Küchler: Hochspannungstechnik Grundlagen – Anwendungen – Technologie, Springer Heidelberg 2005

E. Kuffel, W. S. Zaengl, J. Kuffel: High Voltage Engineering – Fundamentals, Butterworth-Heinemann Oxford 2000

K. Schon: Stoßspannungs- und Stoßstrommesstechnik Springer Heidelberg 2010

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Informationstechnik in der elektrischen Energietechnik			
<b>Module title English</b>			
Information Technology in Electrical Power Systems			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Informationstechnik in der elektrischen Energietechnik			
<b>Course title English</b>			
Information Technology in Electrical Power Systems			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hirsch, Holger	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		1
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
In Energieanlagen nimmt die Informationsverarbeitung einen hohen Stellenwert ein. Die sich durch die physikalische Struktur des Energienetzes ergebenden Leistungsflüsse werden durch ein Informationsnetz logisch abgebildet. Neben Verfahren zur Informationsgewinnung werden Methoden zur Informationsübertragung mit der dazu notwendigen Protokollierung behandelt. Einen Schwerpunkt bilden die in Energieanlagen eingesetzten Feldbusssysteme mit ihren besonderen Sicherheitsmechanismen.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind in der Lage, Systeme der Informationsverarbeitung in Energieanlagen zu konzipieren und zu betreiben. Sie kennen Verfahren zur Informationsgewinnung sowie zur Informationsübertragung und können geeignete Übertragungskanäle sowie -protokolle auswählen.

<b>Description / Content English</b>
In the context of energy systems, information processing is accorded a high degree of significance. Power flows resulting from the physical structure of the energy network are represented through an information network. Besides the techniques to extract information, methods for information processing and the required logging methods are dealt with. One focus is formed by field bus systems and their special safety mechanisms used energy plants.
<b>Learning objectives / skills English</b>
Students are able to design and operate systems for information processing in energy plants. They know techniques to extract as well as transfer information and are able to choose appropriate transmission channels and protocols.

<b>Literatur</b>
K.Schwarz: Offene Kommunikation nach IEC 61850 für die Schutz-und Stationsleittechnik, VDE, 2004

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Leistungselektronik			
<b>Module title English</b>			
Power Electronics			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Leistungselektronik			
<b>Course title English</b>			
Power Electronics			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hirsch, Holger	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1	1	
<b>Studienleistung</b>			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Innovation der elektrischen Antriebstechnik beruht zurzeit hauptsächlich auf den Fortschritten der Leistungselektronik. Ihre Bauelemente und Grundschaltungen werden besprochen und in typischen Anwendungsfällen dargestellt. Beginnend mit der Darstellung der Notwendigkeit für den Einsatz der Leistungselektronik (Motivation) wird die Entwicklung von der Stromrichtertechnik zur Leistungselektronik aufgezeigt. Aktuelle Bauelemente wie Diode, Thyristor, GTO, Leistungstransistor und IGBT werden besprochen und ihre bevorzugten Einsatzmöglichkeiten herausgearbeitet. Anhand von einfachen Schaltungen werden die Berechnungsverfahren und die Schaltvorgänge vorgestellt (idealisierte, konventionelle und weitgehend genaue Betrachtungsweise durch Differentialgleichungen, Kommutierung, Gleich- und Wechselrichterbetrieb). Für selbstgeführte Wechselrichter werden die Steuerverfahren U-f-Kennlinie und Raumvektorverfahren erklärt und ihr Zusammenwirken mit Drehfeldmaschinen kurz skizziert. Die wichtigsten Grundschaltungen (B4, M3, B6) werden analysiert und ihr Verhalten anhand der Betriebsdiagramme behandelt.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden kennen die Bauelemente, Schaltungen und Berechnungsmethoden. Sie beherrschen die Begriffe und Verfahren und sind damit in der Lage, sich in entsprechende Problemstellungen schnell einzuarbeiten.

<b>Description / Content English</b>
The Innovation of electric drives is mainly forced by the progress in the field of power electronics. The electronic components and basic circuits will be discussed and their use in typical application demonstrated. Starting with a motivation on the use of power electronics the development from conventional converter technology to frequency converters will be shown. Components, like diode, thyristor, GTO, power transistor and IGBT are introduced and their application will be derived. The calculation models and switching behaviour will be derived on the basis of simple circuits. The control methods, like U-f-characteristics and space vector will be explained and its use for electric machines will be shown. Important basic circuits (e.g. B4, M3, B6) are analysed and their behaviour will be handled based on their operational diagrams.
<b>Learning objectives / skills English</b>

The students know the power electronic components, circuits and calculation methods. They are able to become acquainted in the solution of technical problems.

### Literatur

Heumann, K.: Grundlagen der Leistungselektronik 6. Aufl. 1996 Teubner Verlag

Anke, D.: Leistungselektronik 1. Aufl. 1986 R. Oldenbourg Verlag

Schröder, D.: Elektrische Antriebe - Band 3 und 4: Leistungselektronik 1. Aufl. 1996 Springer Verlag

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

Die Master-Arbeit ist eine Prüfungsarbeit, in der die oder der Studierende zum Abschluss des Studiums zeigen soll, dass er innerhalb einer vorgegebenen Frist von 6 Monaten ein Problem selbstständig unter Anleitung nach wissenschaftlichen Methoden bearbeiten kann. Die Arbeit soll wie ein Projekt in der Praxis unter Beachtung von Methoden des Projektmanagements betreut und durchgeführt werden. Dokumentation und Präsentation (Kolloquium, deutsch oder englisch) sollen zeigen, dass die oder der Studierende in der Lage ist, Zusammenhänge und Ergebnisse verständlich und präzise darzustellen.

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Die Master-Abschlussarbeit stellt eine Prüfungsleistung dar. Neben der fachlichen Vertiefung an einem Beispiel dient sie auch dem Erwerb und der Vertiefung folgender Soft-Skills:

- Selbstlernfähigkeit,
- Teamfähigkeit (Zusammenarbeit mit den Betreuern),
- Anwendung von Methoden des Projektmanagements,
- Kommunikationsfähigkeit: technische Dokumentation und Präsentation,
- im Fall englischer Präsentation auch Übung von Sprachkenntnissen

**Description / Content English**

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

**Learning objectives / skills English**

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

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

## Literatur

Spezifisch für das gewählte Thema

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Mathematik E4			
<b>Module title English</b>			
Mathematics E4			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Mathematik E4</b>			
<b>Course title English</b>			
Mathematics E4			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Christof, Constantin	Mathe		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Folgende Themen werden behandelt: Vektoranalysis - Potentialfunktionen und Kurvenintegrale - Integration in mehreren Veränderlichen - parametrisierte Flächen - Flächenintegrale - Flussintegrale - Der Satz von Green - Der Satz von Stokes - Der Satz von Gauß Partielle Differentialgleichungen - Einführung - Die Greenschen Formeln - Poissonsche Integralformeln für die Kreisscheibe und die Kugel - Distributionen (Grundlagen)
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sind in der Lage, Potentialfunktionen von konservativen Vektorfeldern zu berechnen. Sie können die wichtigsten Flächen parametrisieren. Sie sind in der Lage, Flächen- und Flussintegrale zu berechnen und dazu die Integralsätze zu verwenden. Sie wissen was ein Randwertproblem ist und können dies für einfache Gebiete lösen.
<b>Description / Content English</b>

The course deals with the following subjects:

Vector analysis

- Potential functions and line integrals

- Integration in several variables

- Parameterized surfaces

- Surface integrals

- Flow integrals

- Green's theorem

- Stoke's theorem

- Gauss's theorem

Partial differential equations

- Introduction

- Green's identities

- Poisson's integration equations over a circular disk and a sphere

- fundamentals of Distributions

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

The students are able to compute potential functions of conservative vector fields. They know how to parametrize important surfaces. They are also able to calculate surface- and flow integrals and in so doing apply integral theorems. They know what a boundary value problem is and are capable of solving such problems for simple cases.

### **Literatur**

Burg, Haf, Wille: Mathematik für Ingenieure, I-IV, 2002;

Marsden, Tromba: Vectoranalysis, 1996;

Kevorkian: Partial Differential Equations, 2000;

Renardy/Rogers: A first graduate course in Partial Differential Equations, 2004;

Evans: Partial Differential Equations, 2010.

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Modelling and Simulation of Dynamic Systems			
<b>Module title English</b>			
Modelling and Simulation of Dynamic Systems			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Modelling and Simulation of Dynamic Systems</b>			
<b>Course title English</b>			
Modelling and Simulation of Dynamic Systems			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Köppen-Seliger, Birgit	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1	1	
<b>Studienleistung</b>			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Nach einer Einführung in Ziele und Bedeutung von Modellbildung und Simulation werden zunächst numerische Verfahren zur Lösung von gewöhnlichen Differentialgleichungen (diverse implizite und explizite Ein- und Mehrschrittverfahren, andere Verfahren) und deren Eigenschaften (numerische Stabilität, lokale und globale Fehler, Eignung für steife DGLs, bei Sprüngen und für Schrittweitensteuerung) behandelt. Die Lösung partieller DGLs wird lediglich durch ein Beispiel mit Zeit- und Ortsdiskretisierung angedeutet. Das Kapitel über experimentelle Modellbildung befasst sich zunächst mit Vorgehensweise und Wahl der Testsignale. Es folgen Verfahren zur Gewinnung nichtparametrischer Modelle. Die direkte Parameterbestimmung aus Sprungantworten beschränkt sich auf einfache lineare dynamische Systeme. Für allgemeine Parameterschätzverfahren (wie sie in der „System Identification Toolbox“ von MATLAB implementiert sind) werden die zugrunde liegenden Modelle dargestellt. An einem Verfahren wird die Rückführung auf ein Least-Squares-Problem gezeigt und bezüglich weiterer Details auf die Vorlesung „State and Parameter Estimation“ verwiesen. Weitere Methoden werden nur als Ausblick angedeutet. Physikalische Grundlagen aus Mechanik, Thermodynamik und Strömungslehre werden in kurzer Form zusammengefasst. Die Anwendung erfolgt zur theoretischen Modellbildung (zur Gewinnung „rigoroser Modelle“) für zahlreiche Beispiele, so z.B.: Antrieb mit Gleichstrommotor, Pumpe und Kompressor, Ventil, Wärmetauscher, beheizter Behälter (Flüssigkeit, Gas, kochende Flüssigkeit und Dampf), Rührkesselreaktor mit chemischer Reaktion.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sollen numerische Lösungsverfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen in ihren Eigenschaften beurteilen und für einen gegebenen Anwendungsfall auswählen können. Sie sollen verschiedene Verfahren zur experimentellen Systemidentifikation anwenden können. Sie sollen auch in der Lage sein, für einige einfache, in der Verfahrenstechnik wichtige, physikalische Systeme rigorose (theoretische) Modelle aufzustellen.
<b>Description / Content English</b>

After an introduction into goals and significance of modelling and simulation, numerical methods for solving ordinary differential equations (various implicit and explicit single-step and multi-step methods, other methods) and their properties (numeric stability, local and global errors, suitability for stiff differential equations, for step inputs, and for step width control) are considered. For the solution of partial differential equations, there is only a hint by an example with space and time discretization.

The chapter „experimental modelling“ at first discusses principles and choice of test signals, followed by methods for gaining nonparametric models. For general parameter estimation methods, as they are contained in the MATLAB system identification toolbox, the basic models are presented. For one method, the reduction to a least-squares problem is shown; for further details the lecture refers to another lecture („state and parameter estimation“). Other methods are only mentioned as an outlook.

A short overview over physical fundamentals from mechanics, thermodynamics, and fluid dynamics is given. These fundamentals are applied for theoretical modelling (gaining rigorous models) for numerous examples, e.g., DC drive, pump and compressor, valve, heat exchanger, heated vessel (liquid, gas, boiling liquid, and vapour), stirring vessel reactor with chemical reaction.

### Learning objectives / skills English

The students will be able to apply numerical methods for the solution of ordinary differential equations, and to evaluate their properties and suitability for a given application case. They are expected to apply various methods for experimental system identification. Also, they will be able to formulate rigorous (theoretical) models for some simple systems which are important in process industry.

### Literatur

- Maier, Uwe: Vorlesungsskript „Modelling and Simulation of Dynamic Systems“ in Moodle
- Thomas, Philip: Simulation of Industrial Processes for Control Engineers. Butterworth Heinemann, 1999.
- Weitere umfangreiche Literaturliste zu den einzelnen Kapiteln in Moodle.

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Numerical Mathematics			
<b>Module title English</b>			
Numerical Mathematics			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Numerical Mathematics</b>			
<b>Course title English</b>			
Numerical Mathematics			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Gotzes, Claudia	Mathe		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
6	WiSe	E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Folgende Themen werden behandelt:
1. Fehleranalyse Darstellung von Zahlen, Gleitpunktzahlen, Rundungsfehler, Fehlerfortpflanzung, Fehlerfortpflanzung bei arithmetischen Operationen, Konditionierung
2. Nichtlineare Gleichungen Die Sekantenmethode, das Newtonverfahren, Fixpunktverfahren, Nullstellen von Polynomen, Systeme nichtlinearer Gleichungen, das Newtonverfahren für Systeme
3. Lineare Gleichungssysteme Die LR- und Cholesky-Zerlegung, die LR-Zerlegung, die Cholesky-Zerlegung, das Gaußsche Eliminationsverfahren, die QR-Zerlegung, Problem der kleinsten Quadrate, Iterative Lösungen, das Jacobi-Verfahren, das Gauß-Seidel-Verfahren, Konvergenzeigenschaften
4. Bestimmung von Eigenwerten Die Potenzmethode, Gerschgorinkreise, die QR-Methode, Hessenbergmatrizen
5. Gewöhnliche Differentialgleichungen Trennung der Veränderlichen und lineare Gleichungen, Einschrittverfahren, das Eulerverfahren, das verbesserte Eulerverfahren, das Runge-Kutta-Verfahren
6. Interpolation Lagrange-Polynome, Interpolationsfehler, Dividierte Differenzen, Splines
7. Integration Gaußsche Quadraturformeln
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden sollen lernen, typische Probleme aus der Ingenieurmathematik mit numerischen Verfahren zu lösen, darunter lineare und nichtlineare Gleichungssysteme, Eigenwerte, Interpolation, Differentialgleichungen und Integration. Sie sollen lernen, abstrakt formulierte Methoden in eine konkrete Berechnung umzusetzen und diese Verfahren hinsichtlich Genauigkeit und Effizienz zu beurteilen.

## Description / Content English

The course deals with the following subjects:

### 1 Error Analysis

Representation of numbers, Floating-point-numbers, Rounding errors, Error Propagation, Error propagation in arithmetic operations, Condition numbers

### 2 Nonlinear equations

The method of Bisection, The secant method, Newton's method, Fixed point iteration, Polynomial equations, Systems of nonlinear equations, Newton's method for systems

### 3 Systems of Linear Equations

The LR and Cholesky Decomposition, The LR-Decomposition, The Cholesky Decomposition, Gauss Elimination and Back-Substitution, Pivoting strategies, The QR Decomposition, Data fitting; Least square problems, Iterative solutions, Jacobi Iteration (total-step-method), Gauss-Seidel-Iteration (single-step-method), Convergence properties

### 4 Finding Eigenvalues

The Power method, Localizing eigenvalues, The QR-method, Hessenberg matrices

### 5 Ordinary Differential Equations

Basic analytic methods, Separation of variables, Linear differential equations, One-step-methods, Euler's Method, Midpoint Euler, Two-stage-models, Runge-Kutta-methods

### 6 Polynomial Interpolation

Lagrange form of Interpolation Polynomial, Interpolation Error, Divided Differences, Spline Interpolation

### 7 Numerical Integration

Gaussian Quadrature

## Learning objectives / skills English

The students will learn to solve typical problems in engineering-mathematics by numerical methods, among others: Linear and nonlinear systems, eigenvalues, interpolation, differential equations, and integration. They should learn to implement general methods into a practical computation and to evaluate them with respect to accuracy and efficiency.

## Literatur

- 1 Gautschi, W. Numerical Analysis, Birkhäuser, 1997.
- 2 Hammerlin und Hoffmann. Numerische Mathematik, Springer, 1994.
- 3 Householder. A.S. Principles of Numerical Analysis, Dover Publications, 1974.
- 4 Kincaid,D. and Cheney, W. Numerical Analysis, Brooks/Cole Publishing, 1991.
- 5 Locher. Numerische Mathematik für Informatiker, 1993.
- 6 Philipps,C. and Cornelius, B. Computational Numerical Methods, Ellis Hoorwood.
- 7 Stoer, J. and Burlisch, R. Introduction to numerical Analysis, 2005.

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

**Beschreibung / Inhalt Deutsch**

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

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

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

Teil 2: Einführung in die Simulationspraxis am Beispiel von OpenFOAM

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

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

**Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch**

Studierende die die Vorlesung erfolgreich besucht haben:

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

### Description / Content English

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

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

- Interpolation methods, numerical differentiation and integration

- Finite volume discretisation of convective and diffusion fluxes, time integration methods

- Pressure-velocity coupling

- 3-D CFD, simulation of turbulent flows using Reynolds-averaged equations, large-eddy simulation (LES) of turbulence

Part 2: Introducton to fluid flow simulation with OpenFOAM

- Integration of CFD in the CAE process, basic concepts of OpenFOAM

- Simulation of turbulent, incompressible flows

- Simulation of compressible, viscous and inviscid flows

- Introduction to high-level programming with OpenFOAM

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

### Learning objectives / skills English

Students which attended the lecture:

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

### Literatur

Lecture slides, über Moodle zur Verfügung gestelltes Material

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Photovoltaik			
<b>Module title English</b>			
Photovoltaics			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Photovoltaik			
<b>Course title English</b>			
Photovoltaics			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Benson, Niels	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D/E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		1
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Mündliche Prüfung			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
In dieser Vorlesung werden die Grundlagen der Photovoltaik bis hin zum vertieften Verständnis einzelner Zellkonzepte behandelt. Die Grundlagen schließen das wirtschaftliche Potenzial der Technologie, das Sonnenspektrum, Ladungsträger Generations- und Transportmechanismen in organischen wie anorganischen Halbleitern sowie die Funktionsweise des pn-Übergangs mit ein. Vertieft werden diese Inhalte hinsichtlich der allgemeinen elektrischen Solarzellenfunktionalität, Verlustmechanismen und Begrenzungen in der Konversionseffizienz. Weiterhin wird im Speziellen auf Solarzellen der 1. Generation: Si und m-Si, der 2. Generation: a-Si, organische und Graetzelzellen sowie auf Solarzellen der 3. Generation: Tandem Zellen eingegangen.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studenten sind in der Lage:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Energiegenerationspotential der Technologie zu erklären</li> <li>- Den Ursprung des photovoltaischen Effekts allgemein und die Funktionsweise einer Solarzelle an konkreten Materialsystemen zu erklären, unter zu Hilfenahme von quasi-Fermi Niveaus und standard Transportmodellen.</li> <li>- Generations und Rekombinations-mechanismen zu erklären.</li> <li>- Begrenzungen in der maximalen Konversionseffizienz zu erklären und hierbei zwischen materialbedingten, prozessbedingten und strukturbedingten Begrenzungen zu unterscheiden</li> <li>- Solarzellen elektro-optisch zu charakterisieren und die Ergebnisse mit Hilfe von standard Ersatzschaltbildern zu Interpretieren.</li> <li>- Solarzellen der drei Generationen zu unterscheiden, deren Funktionsweise zu beschreiben und deren Vor- und Nachteile zu erklären.</li> </ul>

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

This lecture deals with the photovoltaic basics, as well as an in depth understanding of selected solar cell concepts. The basics include the market potential of the photovoltaic technology, the solar spectrum, charge carrier generation and transport mechanisms in organic / inorganic semiconductors, as well as the working principle of the classical pn-junction. Emphasis is also placed on the general electrical solar cell functionality, loss mechanisms and limitations with respect to the power conversion efficiency. Specifically solar cells of the 1st generation: Si and m-Si, the 2nd generation: a-Si, organic and Graetzel cells as well as solar cells of the 3rd generation: tandem cells are discussed.

### Learning objectives / skills English

The students are able:

- to describe the energy generation potential of this technology.
- to describe the origin of the photovoltaic effect, as well as the working principle of solar cells using concrete material systems, quasi Fermi levels as well as standard transport models.
- to describe generation and recombination mechanisms.
- to describe limitations of the max. obtainable power conversion efficiency and be able to differentiate between material, process and design limitations.
- to characterize solar cells electro-optically and are able to interpret their findings using standard equivalent circuits.
- to differentiate between solar cells of the three generations, are able to describe their working principle as well as their advantages and disadvantages.

### Literatur

- The Physics of Solar Cells, Jenny Nelson, Imperial College Press
- Physics of Semiconductor Device, S.M. Sze and K.K. NG, WILEY-Interscience
- Physics of Solar Cells, Peter Würfel, WILEY-VCH
- Organic Molecular Solids, Markus Schwoerer and Hans Christoph Wolf, WILEY-VCH
- Solid State Physics, Harald Ibach and Hans Lüth, Springer

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Power System Analysis			
<b>Module title English</b>			
Power System Analysis			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Power System Analysis</b>			
<b>Course title English</b>			
Power System Analysis			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Vennegeerts, Hendrik	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1	1	
<b>Studienleistung</b>			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Die Veranstaltung behandelt die Grundlagen der Berechnung elektrischer Netze. Im Vordergrund stehen Methoden der digitalen Netzberechnung. Zunächst werden die Systemelemente, Leitungen, Transformatoren, Generatoren, usw. mathematisch beschrieben. Danach folgen die Methoden zur Leistungsflussberechnung, Kurzschlussstromberechnung, Netzoptimierung und Zustandsschätzung. Die Veranstaltung ist gekoppelt mit Übungen, die überwiegend auf Personalcomputern durchgeführt werden. Das Ziel ist, die Studenten zu befähigen, mit Computersoftware Netzberechnungsaufgaben zu lösen. Sie sollen außerdem die implementierten und verwendeten Algorithmen verstehen.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden verstehen die verschiedenen Methoden der Netzberechnung und können sie bei der Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze anwenden. Sie sind in der Lage, sowohl stationäre Leistungsflüsse als auch Kurzschlusszustände zu berechnen.

<b>Description / Content English</b>
The lecture deals with the basics of power system calculation. The focus is on computer-based methods. At the beginning, the elements of the system, like lines, transformers, generators, etc. are described. Then, the equations for system descriptions are formed and the solutions of the power flow, short circuit, optimisation and power system state estimation problems are discussed. The lecture is coupled with computer exercises. The objective is to enable students to use computer software for solving power system problems and to understand algorithm implemented into these software.
<b>Learning objectives / skills English</b>
Students know different methods of power system analysis, in particular power flow and short circuit analysis. They are able to apply these methods to large electrical power systems.

<b>Literatur</b>
------------------

D. Oeding, B.R. Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze. Springer Verlag Berlin, 2004  
B. Oswald: Netzberechnung, Berechnung stationärer und quasistationärer Betriebszustände in  
Elektroenergieversorgungsnetzen, VDE-Verlag

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>	
Power System Analysis Project	
<b>Module title English</b>	
Power System Analysis Project	
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>	
<b>Power System Analysis Project</b>	
<b>Course title English</b>	
Power System Analysis Project	
<b>Verantwortung</b>	
Shewarega, Fekadu	
<b>Kreditpunkte</b>	
5	
<b>SWS Vorlesung</b>	
<b>SWS Übung</b>	
<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	
<b>SWS Seminar</b>	
<b>Studienleistung</b>	
<b>Prüfungsleistung</b>	
Kolloquium	
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>	

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Das Praktikum vertieft Aspekte der digitalen Netzberechnung und ermöglicht den Studenten selbständig eine Netzplanungsaufgabe mit einer professionellen Software zu bearbeiten.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studenten sollen Softwarewerkzeuge zur digitalen Netzberechnung kennen lernen und diese selbständig für die Lösung von Aufgaben auf dem Gebiet der Netzplanung, Netzanalyse einsetzen können.

<b>Description / Content English</b>
The lab exercises are intended to familiarize students with aspects of digital network calculation and to enable students to work independently on a network-planning task using professional software.
<b>Learning objectives / skills English</b>
The students should be capable of using software tools for digital network calculation and be able to use them independently for the solution of tasks in the area of network planning and network analysis.

<b>Literatur</b>
Programmbeschreibung PowerFactory, Matlab

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Power System Dynamics and Stability			
<b>Module title English</b>			
Power System Dynamics and Stability			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Power System Dynamics and Stability</b>			
<b>Course title English</b>			
Power System Dynamics and Stability			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Vennegeerts, Hendrik	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Folgende Themen werden behandelt:
- Klassifizierung nichtstationärer Vorgänge und Stabilitätsaspekten in elektrischen Energieversorgungssystemen
- Mathematische Grundlagen der Modellierung (Zustandsraumdarstellung; Linearisierungsmethoden für die Kleinsignalstabilität; Eigenwerte und Moden; Zusammenhang mit Zeitverhalten)
- numerische Integrationsmethoden
- Schaltvorgänge
- Kleinsignalstabilität (statische Stabilität von Synchrongeneratoren und dynamisches Einschwingverhalten; Leistungspendelungen in ausgedehnten Systemen; Power System Stabilizer)
- transiente Stabilität (transiente Winkelstabilität von Synchrongeneratoren, Einflussfaktoren)
- Spannungsstabilität (Kurzzeit und Langzeit, Einflussfaktoren, Continuation Power Flow)
- subsynchrone Oszillationen
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden kennen die wichtigsten nichtstationären Vorgänge in elektrischen Energieversorgungsnetzen und können sie anhand grundlegender Modelle beschreiben und berechnen.

<b>Description / Content English</b>
--------------------------------------

The lecture provides an overview about typical non-stationary phenomena in power systems. The students will learn about the physical background, modeling and simulation issues as well as methods to mitigate the effect of transients on secure power system operation. In particular the following phenomena will be discussed:

- Classification of non-stationary processes and stability aspects in electrical power supply systems
- Mathematical principles of modelling (state space representation; linearisation methods for small-signal stability; eigenvalues and modes; conjunction with time behaviour)
- Numerical integration methods
- Switching processes
- Small-signal stability (static stability of synchronous generators and dynamic transient response; power oscillations in extended systems; power system stabilisers)
- Transient stability (transient angular stability of synchronous generators, influencing factors)
- Voltage stability (short-term and long-term, influencing factors, continuation power flow)
- subsynchronous oscillations

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

Students know the most important non-stationary processes in electrical power supply networks and can describe and calculate them using fundamental models.

#### **Literatur**

Kundur, Prabha S.: Power System Stability, Elsevier, 2019

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Power System Operation and Control			
<b>Module title English</b>			
Power System Operation and Control			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Power System Operation and Control</b>			
<b>Course title English</b>			
Power System Operation and Control			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Vennegeerts, Hendrik	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1	1	
<b>Studienleistung</b>			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur, Referat			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Das Elektrische Energieversorgungsnetz ist ein großes dynamisches System. Ein Ziel der Lehrveranstaltung ist, verschiedene dynamische Vorgänge, die durch Kurzschlüsse, Blitzschläge, Schalthandlungen hervorgerufen werden, vorzustellen und zu diskutieren. Die Algorithmen für eine computerbasierte Simulation werden kurz beschrieben und die bekanntesten Softwarewerkzeuge vorgestellt. Weiterhin werden Methoden zur Regelung der Frequenz und Spannung erläutert. Ein Überblick wird gegeben ebenfalls über die Netzeleittechnik, soweit diese für die Regelung, Steuerung und Überwachung des Netzes aus der Sicht der Netzdynamik relevant ist.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden verstehen die Betriebsweise elektrischer Netze, sie kennen, wie Spannung, Leistung und Frequenz geregelt werden und welche Betriebsmittel als Stellglieder hierfür zur Verfügung stehen. Sie wissen, welche transienten und dynamischen Phänomene infolge von Störungen im Netz auftreten und welche Auswirkungen sie haben können.

<b>Description / Content English</b>
Power system is a large-scale dynamic system. One of the objectives of the lecture is to discuss main issues of power system dynamics caused by disturbances like short circuits, lightning strokes and switching actions. The algorithms for computer-based time and frequency domain simulation techniques will be described shortly and some of the most popular software packages introduced. Furthermore, methods for power system control to maintain voltage and frequency standards will be discussed. An overview will also be given about the structure of the energy management systems.
<b>Learning objectives / skills English</b>
Students know how power systems are operating, how voltage, power and frequency are controlled and which means are available for these controls. They know the most important phenomena caused by different disturbances in power systems as well as the consequences they may cause.

## Literatur

P. Kundur: Power System Stability and Control, EPRI, McGraw-Hill, 1994, ISBN 0-07-035958-X.

D. Oeding, B.R. Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze. Springer Verlag Berlin, 2004

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Schaltanlagen			
<b>Module title English</b>			
Switching Components			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Schaltanlagen			
<b>Course title English</b>			
Switching Components			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Vennegeerts, Hendrik; Rumpelt, Patrick	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	SoSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1	1	1
<b>Studienleistung</b>			
Antestat, Versuchsdurchführung Praktikum			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			
Teilnahme an einer Exkursion			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
In der Vorlesung werden Aufbau und charakteristische Merkmale von verschiedenen Leistungsschaltern, Trennern und anderen schaltenden Komponenten in elektrischen Netzen beschrieben. Behandelt werden insbesondere Vakuumleistungsschalter einschließlich der hochspannungstechnischen Grundlagen zu Durchschlagsprozessen, Produktionsvorgängen und normativen Testprozeduren, ferner Leistungsschalterantriebe und der Aufbau weiterer schaltender Betriebsmittel. Auch werden typische Schaltaufgaben sowie Vorgänge bei Stromabriß und Abstandskurzschluss detailliert vermittelt. Darüber hinaus wird der funktionale Aufbau von Schaltanlagen und Umspannstationen beschrieben und aus betrieblicher sowie zuverlässigkeitstechnischer Sicht motiviert. Schließlich werden Prinzipien des Netzschatzes behandelt, wobei der Kurzschlussschutz sowie die Erdschlusserfassung und -ortung behandelt werden. Anwendungs- und quantitative Beispiele in den Übungen dienen der Vertiefung.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studenten kennen den Aufbau und prinzipielle Funktionsweise von Schaltanlagen in elektrischen Netzen. Sie können typische Betriebsmittel und deren Funktionsprinzipien wiedergeben.

<b>Description / Content English</b>
The lecture describes the structure and characteristic features of various circuit-breakers, disconnectors and other switching components in electrical networks. In particular, vacuum circuit-breakers are covered, including the high-voltage fundamentals of breakdown processes, production processes and standardised test procedures. Moreover circuit-breaker drives and the design of other switching equipment is dealt with. Typical switching tasks and processes in the event of current breakdown and short-circuiting are also taught in detail. In addition, the functional design of switchgear and substations is described and motivated from an operational and reliability point of view. Finally, the principles of network protection are covered, including short-circuit protection and earth fault detection and localisation. Application and quantitative examples in the exercises serve to deepen the knowledge.
<b>Learning objectives / skills English</b>

The students know the structure and basic functioning of switchgear in electrical networks. They will be able to describe typical operating equipment and its functional principles.

## Literatur

- Küchler, „Hochspannungstechnik, Grundlagen - Technologie – Anwendungen“, Springer Vieweg, 2017  
J. Schwab, „Elektroenergiesysteme“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2022  
D. Oeding, B.R. Oswald, „Elektrische Kraftwerke und Netze“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016  
V. Crastan, „Elektrische Energieversorgung 1“, Springer Vieweg, 2015  
P. G. Slade, „The Vacuum Interrupter – Theory, Design and Application“, CRC Press, 2008  
R.V. Latham, “High Voltage Vacuum Insulation, Basic Concepts and Technological Practice”, Academic Press 1995  
E. Slamecka, „Prüfung von Hochspannungs-Leistungsschaltern“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1966  
H.J. Lippmann, „Schalten im Vakuum, Physik und Technik der Vakuumschalter“, VDE Verlag GmbH, 2003  
Edelmann, „Vakuumphysik – Grundlagen, Vakumerzeugung und -messung, Anwendung“, Spektrum Akademischer Verlag, 1998  
E. Vinaricky, „Elektrische Kontakte: Werkstoffe und Anwendungen“, Springer Vieweg, 2016  
G. Balzer, C. Neumann, „Schalt- und Ausgleichsvorgänge in elektrischen Netzen“, Springer Vieweg, 2016  
IEC 62271-100 High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: Alternating-current circuit-breakers  
IEC 62271-200 High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV  
Heuck, K.; Dettmann, K.-D.; Schulz, D.: Elektrische Energieversorgung. Vieweg&Teubner Verlag, 2013; Hosemann (Hrsg): Energietechnik, Band 3: Netze. 30. Aufl. 2001, Springer-Verlag, Berlin  
Schossig, W.; Schossig, T.; Cichowski, R.: Netzschutztechnik. 2020, VDE-Verlag, Berlin, Offenbach  
ABB-Schaltanlagenhandbuch, Cornelsen Verlag Schwann-Girardet Düsseldorf

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Solare Energiesysteme			
<b>Module title English</b>			
Solar Energy Systems			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Solare Energiesysteme</b>			
<b>Course title English</b>			
Solar Energy Systems			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Hoster, Harry; Mahlendorf, Falko	MB		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

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

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

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

### Literatur

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

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Theoretische Elektrotechnik 1			
<b>Module title English</b>			
Electromagnetic Field Theory 1			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Theoretische Elektrotechnik 1			
<b>Course title English</b>			
Electromagnetic Field Theory 1			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Erni, Daniel	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
6	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			
<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>			

„Theoretische Elektrotechnik“ ist eine Veranstaltung, welche das physikalische Verständnis von elektromagnetischen Feldern vertiefen soll. Sie bildet zudem eine Schlüsselqualifikation für andere Bereiche der Elektrotechnik. In der Energietechnik sind es beispielsweise die Gebiete der Hochspannungstechnik, elektrische Maschinen und im Allgemeinen die der Energieversorgung. Die Vorlesung Theoretische Elektrotechnik stellt in ihrer Gesamtheit aber auch eine Erweiterung des Lehrinhaltes in Richtung der klassischen Elektrodynamik dar, welche wiederum eine Brückenfunktion erfüllt, z.B. für das Gebiet der Hochfrequenztechnik, der Halbleiterelektronik und für die modernen Themenstellungen aus der Nanophotonik und Nanooptik.

Die Veranstaltung „Theoretische Elektrotechnik 1“ umfasst die folgenden Themenstellungen:

(1) Elektrostatik:

- Das elektrische Feld: Feldstärke und Flussdichte
- Die Grundgleichungen der Elektrostatik (Satz von Gauss, Wirbelfreiheit)
- Das elektrostatische Potenzial
- Kapazitätsberechnungen
- Einfluss des Materials
- Grenzbedingungen
- Energie und Kräfte
- Das elektrostatische Randwertproblem
- Analytische, grafische, semi-analytische, direkte und iterative numerische Lösungsverfahren

(2) Das stationäre elektrische Strömungsfeld:

- Strom und Stromdichte
- Die Grundgleichungen des stationären Strömungsfeldes (Kontinuitätsgleichung, Gesetz von Ohm)
- Grenzbedingungen
- Leistungsdichte
- Widerstandsberechnungen
- Das Randwertproblem des stationären Strömungsfeldes
- Dualität zur Elektrostatik

Im Verlauf der Vorlesung werden auch die wichtigsten Elemente der Vektorrechnung, der Vektoranalysis, der Koordinatensysteme und der Tensorrechnung erarbeitet.

### Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch

Die Studierenden sind in der Lage,

- Randwertprobleme aus der Elektrostatik selbstständig zu lösen,
- Randwertprobleme des stationären Strömungsfeldes selbstständig zu lösen,
- hierzu analytische oder numerische Berechnungsverfahren einzusetzen,
- das Verhalten der elektrischen Felder für den Entwurf zukünftiger Bauteile richtig einzuschätzen,
- stationäre Strömungsfelder in Leitern zu verstehen und deren Verhalten quantitativ zu bewerten,
- die Vektorrechnung und die Vektoranalysis im gegebenen Kontext formal korrekt einzusetzen.

### Description / Content English

The course „Theoretische Elektrotechnik“ is aimed towards a profound physical understanding of electromagnetic fields. It represents a key qualification in order to bridge the gap to other realms of electrical engineering, such as high-voltage engineering, electrical engines, and energy transmission. The course as a whole represents an extension towards classical electrodynamics, addressing areas like microwave engineering, solid state electronics, and advanced issues in the framework of nanosciences, such as nanophotonics and nanooptics.

The lecture „Theoretische Elektrotechnik 1“ encompasses the following topics:

(1) Electrostatics:

- Electric field and electric flux density
- The fundamental equations (Gauss law, conservative fields)
- The electrostatic potential
- The general theory of capacitance
- Electrostatic field in material media
- Boundary conditions
- Energy and forces
- The electrostatic boundary value problem
- Analytical, graphical, semi-analytical, direct, and iterative numerical solution methods

(2) Stationary electric fields in conducting media:

- Current and current density
- The fundamental equations (continuity equation, Ohm's law)
- Boundary conditions
- Power density
- Calculation of the resistance
- The stationary boundary value problem
- Duality to electrostatics

The course also covers the fundamentals of vector calculus, vector analysis, coordinate systems, and some elements of tensor calculus.

### Learning objectives / skills English

Based on this course, the students are capable of

- solving an electrostatic boundary problem while using either analytical or numerical methodologies,
- correctly evaluating the behavior of electrostatic field according to their appearance in technical building blocks and systems,
- understanding the underlying mechanisms of stationary current , and to provide quantitative measures for their behavior,
- mastering vector calculus, vector analysis, and to correctly apply these formalisms in the corresponding context of application.

### Literatur

- Pascal Leuchtmann, Einführung in die elektromagnetische Feldtheorie. München: Pearson Studium, 2005.
- Ingo Wolff, Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 1: Elektrostatik. Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2005.
- Ingo Wolff, Maxwellsche Theorie - Grundlagen und Anwendung. Band 2: Strömungsfelder, Magnetfelder, Wellenfelder. Aachen: Verlagsbuchhandlung Dr. Wolff, 2007.
- David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, (3rd. ed). San Francisco: Pearson, 2008.
- David J. Griffiths, Elektrodynamik - Eine Einführung, (3. Aufl.). München: Pearson Studium, 2011.
- Günther Lehner, Elektromagnetische Feldtheorie – für Ingenieure und Physiker. Berlin: Springer Verlag, 2006.
- Heino Henke, Elektromagnetische Felder – Theorie und Anwendungen, (3. Aufl.). Berlin: Springer Verlag, 2007.
- Julius Adams Stratton, Electromagnetic Theory. Hoboken: John Wiley & Sons / IEEE Press, 2007.
- Melvin Schwartz, Principles of Electrodynamics. New York: Dover Publications Inc., 1988.
- Gottlieb Strassacker, Rotation, Divergenz und Gradient - Leicht verständliche Einführung in die Elektromagnetische Feldtheorie. Wiesbaden: Teubner Verlag, 2006.
- Andrew Zangwill, Modern Electrodynamics. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Theorie statistischer Signale			
<b>Module title English</b>			
Theory of Statistical Signals			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
<b>Theorie statistischer Signale</b>			
<b>Course title English</b>			
Theory of Statistical Signals			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Czylwik, Andreas	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	D	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	2		
<b>Studienleistung</b>			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Nach einer Einführung in den Begriff der Wahrscheinlichkeit werden Zufallsvariablen ausführlich behandelt. Hierzu gehören die verschiedenen Beschreibungsmöglichkeiten durch Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, Wahrscheinlichkeitsverteilungsfunktion sowie charakteristische Funktion. Weiterhin werden die Eigenschaften von Funktionen von Zufallsvariablen besprochen. Den Schwerpunkt der Vorlesung bilden Zufallsprozesse, die als eine Erweiterung von Zufallsvariablen um die Dimension der Zeit eingeführt werden. Insbesondere werden Momente zweiter Ordnung wie die Autokorrelationsfunktion, die Kreuzkorrelationsfunktion sowie die entsprechenden Leistungsdichtespektren behandelt. Es werden spezielle Zufallsprozesse mit großer praktischer Bedeutung wie Gauß-, Poisson- und Schrötrauschprozesse besprochen. Abschließend werden Anwendungen wie optimale Filter und Modulation diskutiert. In den Übungen werden die Inhalte der Veranstaltung vertieft.
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Sehr viele Vorgänge (aus der Physik, Technik, Wirtschaft, Biologie ...) lassen sich nicht einfach durch deterministische Zusammenhänge beschreiben, sondern benötigen statistische Ansätze. Hierzu sind Absolventen in der Lage, die Konzepte von Zufallsvariablen und Zufallsprozessen in praktischen Problemstellungen einzusetzen.

<b>Description / Content English</b>
After a sound introduction in the notion of probability, stochastic variables will be discussed in detail. To that belong the different description possibilities through probability density function, probability distribution function and characteristic function. Beyond that, the properties of functions from stochastic variables will be handled. Stochastic processes which are extended from stochastic variables in time dimension will be emphasized on. Second-order moments such as the autocorrelation function, the cross correlation function as well as the corresponding power spectral density will be particularly discussed. Special stochastic processes of great practical importance such as the Gauss's and Poisson's processes will be handled. In conclusion, applications like optimal filters and modulation will be discussed. The contents will be deepened in exercises.

### Learning objectives / skills English

A lot of processes (from physics, economics, biology, technology ...) cannot be described only with deterministic relationships, but need statistical methods.

Students who have completed this course should be able to apply the concepts from stochastic variables and stochastic processes in practical problems.

### Literatur

A. Papoulis: Probability, random variables and stochastic processes, McGraw-Hill, 2. Aufl. 1984

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

**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

<b>Modulname laut Prüfungsordnung</b>			
Wind Energy			
<b>Module title English</b>			
Wind Energy			
<b>Kursname laut Prüfungsordnung</b>			
Wind Energy			
<b>Course title English</b>			
Wind Energy			
<b>Verantwortung</b>	<b>Lehreinheit</b>		
Shewarega, Fekadu; Vennegeerts, Hendrik	ET		
<b>Kreditpunkte</b>	<b>Turnus</b>	<b>Sprache</b>	
5	WiSe	E	
<b>SWS Vorlesung</b>	<b>SWS Übung</b>	<b>SWS Praktikum/Projekt</b>	<b>SWS Seminar</b>
2	1		
<b>Studienleistung</b>			
Hausarbeit			
<b>Prüfungsleistung</b>			
Klausur			
<b>Teilnahmevoraussetzungen an Prüfung</b>			

<b>Beschreibung / Inhalt Deutsch</b>
Folgende Themen werden behandelt: - Charakteristik der Verfügbarkeit des Winddargebots - Umformung von Windenergie in mechanische Energie - Generatoren für Windenergieanlagen und Konzepte für die Umformung in elektrische Energie (DFIG, Vollumrichter, etc.) - Umrichter für Windenergieanlagen, Design und Regelung - Netzanschlussregeln - Anforderungen und Konzepte für das Durchfahren von Netzfehlern - Offshore Windkraftwerke, Design und Netzeinbindung
<b>Lernergebnisse / Kompetenzen Deutsch</b>
Die Studierenden kennen die wesentlichen Grundlagen zur Beschreibung des Winddargebots, daraus folgende Gestaltungsmerkmale von Windenergieanlagen sowie die Funktionsweise von Windturbinen mit Schwerpunkt auf der elektrischen Ausgestaltung und der Regelung der Windenergieanlagen.

<b>Description / Content English</b>
The lecture will deal with the following topics: - Characteristics of the availability of the wind supply - power conversion, wind to mechanical power - Generators for wind turbines and concepts for converting of mechanical into electrical energy(DFIG, full rated converter type, etc.) - converter systems, design and control - Grid Codes - Fault Ride-Through during electrical failures in the network - offshore wind power plants
<b>Learning objectives / skills English</b>

Students will be familiar with the basic principles for describing the wind supply, the resulting design features of wind turbines and the functioning of wind turbines with a focus on the electrical design and control of wind turbines.

## Literatur

Vorlesungsscript

D. Oeding, B.R. Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze.

Springer Vieweg, 8. Auflage 2016

Strauß, K.: Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, nuklearer und regenerativer Energiequellen. Springer-Verlag, 5. Auflage 2006

V. Crastan: Elektrische Energieversorgung 2.

Springer Verlag, 1. Auflage 2019

S. Heier: Windkraftanlagen – Systemauslegung, Netzintegration und Regelung. Springer Vieweg, 8. Auflage 2018