



**Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik**

**und**

**Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik**

**MODULHANDBUCH**

für den Masterstudiengang

**NACHHALTIGE ENERGIESYSTEME**

Stand: 05.08.2019

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Pflichtmodule</b> .....	<b>2</b>
1.1 Elektrische Netze I: stationäre Netzberechnung.....	2
1.2 Nachhaltigkeit .....	3
1.3 Regenerative Elektroenergiequellen - Systembetrachtung.....	4
1.4 Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe .....	5
1.5 Systeme der Leistungselektronik.....	6
1.6 Nichttechnische Module .....	7
1.7 Masterarbeit .....	8
<b>2. Wahlpflichtmodule</b> .....	<b>9</b>
2.1 Angewandtes Energierecht für Ingenieure .....	9
2.2 Combustion Engineering.....	11
2.3 Contracting.....	13
2.4 Elektrische Antriebe - Elektrische Fahrtriebe.....	14
2.5 Elektromobilität.....	15
2.6 Energiespeichersysteme .....	16
2.7 Fluidenergiemaschinen.....	17
2.8 Fuel Cells .....	18
2.9 Funktionale Materialien für die Energiespeicherung .....	19
2.10 Industrial Energy Management.....	21
2.11 Methoden der Optimierung elektrischer Energieversorgungsnetze.....	22
2.12 Numerische Strömungsmechanik / Computational Fluid Dynamics .....	23
2.13 Operative Systemführung elektrischer Netze .....	25
2.14 Photovoltaische Energiesysteme .....	26
2.15 Physik der Solarzelle .....	27
2.16 Projektseminar Nachhaltigkeit.....	28
2.17 Sustainability Assessment (LCA) for Biofuels .....	29
2.18 Thermische Prozesstechnik.....	31
2.19 Thermoelektrik.....	32
2.20 Wasser- und Flusskraftwerke.....	33
2.21 Werkstoffe für energietechnische Anwendungen .....	34
2.22 Windenergie.....	35

## Vorbemerkungen

Der Studiengang Nachhaltige Energiesysteme gliedert sich in einen Pflichtbereich und einen Wahlpflichtbereich.

Der Pflichtbereich beinhaltet die folgenden Module:

• Elektrische Netze I: stationäre Netzberechnung	5 CP
• Nachhaltigkeit	5 CP
• Regenerative Elektroenergiequellen – Systembetrachtung	5 CP
• Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe	9 CP
• Systeme der Leistungselektronik	5 CP
• Nichttechnische Module	6 CP
• Masterarbeit	30 CP
<b>Summe</b>	<b>65 CP</b>

Im Wahlpflichtbereich sind weitere 25 CP zu erwerben. Hierbei müssen 15 CP in einer der folgenden Spezialisierungsrichtungen erworben werden:

- (Elektro)chemische Energiewandlung und -speicherung (EES)
- Halbleiterbasierte Energiewandlung (HE)
- Strömungsmechanische Energiewandlung (SE)
- Thermische Energiewandlung und -speicherung (TES)

Die verbleibenden 10 CP können aus dem spezialisierungsübergreifenden Angebot (siehe Modulbeschreibungen) und/oder einer anderen Spezialisierungsrichtung erbracht werden.

Damit ergeben sich die für den Studiengang insgesamt zu erbringenden Leistungen wie folgt:

• Pflichtbereich	65 CP
• Wahlpflichtbereich (Spezialisierungsrichtung)	15 CP
• Wahlpflichtbereich (außerhalb der Spezialisierungsrichtung)	10 CP
<b>Summe</b>	<b>90 CP</b>

# 1. Pflichtmodule

## 1.1 Elektrische Netze I: stationäre Netzberechnung

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Pflichtmodul)
<b>Modul:</b> Elektrische Netze I: stationäre Netzberechnung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten werden durch den Abschluss des Moduls in die Lage versetzt, die systemischen Zusammenhänge und Verfahren zur statischen Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze zu verstehen bzw. umzusetzen. Sie lernen die dazu notwendigen mathematischen Berechnungsverfahren und die Methoden zur Modellierung elektrischer Betriebsmittel kennen. Der Abschluss des Moduls befähigt die Studenten, die statischen Charakteristika während der Planungsphase und des Betriebs zu verstehen, modellhaft zu beschreiben und zu berechnen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Statische Betriebsmittelmodellierung</li><li>• Statische Netzberechnungsverfahren<ul style="list-style-type: none"><li>○ Modale Komponenten</li><li>○ Topologiebeschreibung elektrischer Netze</li><li>○ Leistungsflussberechnung</li><li>○ Kurzschlussstromberechnung</li><li>○ Netzzustandsschätzung (State Estimation)</li><li>○ Winkelstabilität</li><li>○ Fehlerberechnung</li></ul></li><li>• Netzberechnung mit MATLAB</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenkenntnisse im Bereich der Leistungselektronik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeiten (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung)) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. M. Wolter, FEIT

## 1.2 Nachhaltigkeit

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Pflichtmodul)
<b>Modul:</b> Nachhaltigkeit
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten erwerben einen breiten Einblick in die Bedeutung der Nachhaltigkeit von Energiesystemen und die verschiedenen Facetten von Nachhaltigkeit. Sie erkennen ferner die Zusammenhänge zwischen technischen Energiesystemen und deren Effekte auf die Ökologie und das soziale Umfeld sowie die ökonomischen und genehmigungstechnischen Randbedingungen. Durch die in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse können die Studenten Technologie nachhaltiger entwickeln und gezielt kommunizieren. Zusätzlich wird in einer Team-Projektarbeit eine Energietechnologie detailliert erforscht; die Studenten erlernen hierbei, sich selbständig in ein Gebiet einzuarbeiten, eine aktuelle Themenstellung im Team zu bearbeiten und die Erkenntnisse zu präsentieren. Zusätzlich erhalten Sie Einblick in Forschung und Entwicklung an Energiesystemen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ringvorlesung Nachhaltigkeit mit den Themen: Umweltökonomik, Klimaänderung, Umweltpsychologie, Ökologische Folgen der Landnutzungsänderung, Genehmigungsverfahren</li><li>• Wissenschaftliche Projektarbeit in Gruppen mit Vortrag</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Ringvorlesung, wissenschaftliche Projektarbeit mit Vortrag
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeiten (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Projektarbeit) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> benoteter Leistungsnachweis / - / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. rer. nat. F. Scheffler, FVST

### 1.3 Regenerative Elektroenergiequellen - Systembetrachtung

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Pflichtmodul)
<b>Modul:</b> Regenerative Elektroenergiequellen - Systembetrachtung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden verfügen am Ende des Moduls über Kenntnisse zur elektrischen Energieerzeugung aus regenerativen Quellen und zur Integration der regenerativen Elektroenergiequellen in das gesamte Energiesystem. Die Studierenden sind mit Beendigung des Moduls in der Lage, die qualitativen und quantitativen Auswirkungen der aus verschiedenen erneuerbaren Quellen erzeugten elektrischen Energie auf das Energieversorgungssystem zu erkennen und zu bewerten. Sie lernen die Nutzungsmöglichkeiten der regenerativ verfügbaren Energiepotentiale kennen und können Probleme der verstärkten Netzintegration durch Betrachtung des Gesamtsystems unter Einbeziehung von Energiespeichern und Brennstoffzellen nachvollziehen und beeinflussen. Dies trägt zum Verständnis für so genannte „Smart-Grids“ bei.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung, Energiebegriffe, Elektrische Energiesysteme, Smart Grid</li> <li>• Grundlagen des regenerativen Energieangebots, Energiebilanz</li> <li>• Photovoltaische Stromerzeugung</li> <li>• Stromerzeugung aus Wind</li> <li>• Stromerzeugung aus Wasserkraft</li> <li>• Brennstoffzellen</li> <li>• Elektrische Energiespeicher</li> <li>• Netzintegration regenerativer Erzeuger</li> <li>• Netzbetrieb lokaler Energieerzeuger</li> </ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung , Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeiten (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. M. Wolter, FEIT

## 1.4 Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Pflichtmodul)
<b>Modul:</b> Regenerative Energien – Funktion, Komponenten, Werkstoffe
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Überblick über Energiemix, Energieverbrauch, Herkunft von Primärenergie</li><li>• grundlegende Begriffe; Aufbau von Energie wandelnden Systemen; Einsparpotentiale</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Grundlegendes, Arten von Energiequellen, Definitionen und Begriffe</li><li>• Nutzung von Solarstrahlung, Konzentration von Solarstrahlung</li><li>• Planetenenergie</li><li>• Geothermie</li><li>• Biomasse</li><li>• Solarchemie</li><li>• Kraft-Wärme-Kopplung von RE-Generatoren</li><li>• Anlagenauslegung anhand von ausgewählten Beispielen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Praktikum, Exkursion
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> naturwissenschaftliche und ingenieurtechnische Grundlagenkenntnisse
<b>Arbeitsaufwand:</b> 270 h (42 h Präsenzzeiten (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium + 120 h Praktikum und Exkursion)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / Klausur (90 min) / 9 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. rer. nat. M. Scheffler, FMB
<b>Literaturhinweise:</b> werden in der Einführungsveranstaltung bekanntgegeben

## 1.5 Systeme der Leistungselektronik

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Pflichtmodul)
<b>Modul:</b> Systeme der Leistungselektronik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden werden durch das Modul in die Lage versetzt, den Einsatz bekannter leistungselektronischer Schaltungen in komplexen Systemen zu implementieren; aufgrund der Anwendungsbeispiele insbesondere von Systemen zur Versorgung mit aus erneuerbaren Quellen erzeugter elektrischer Energie sowie für Elektrofahrzeuge können die Studierenden die erworbenen Kompetenzen unmittelbar in diesen Bereichen einsetzen und sich darüber hinaus in andere Gebiete einarbeiten. Die Studierenden sind in der Lage, die Funktionsweise der leistungselektronischen Systeme nachzuvollziehen; darüber hinaus können sie entsprechende Systeme anwendungsspezifisch auslegen. Sie sind befähigt, Zusammenhänge zwischen dem behandelten und benachbarten Fachgebieten zu erkennen und gewonnene Erkenntnisse auch interdisziplinär anzuwenden, wie sie sich beispielsweise durch die oben genannten Anwendungsbereiche ergeben.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromversorgungen</li> <li>• leistungselektronische Systeme für aus erneuerbaren Quellen erzeugte elektrische Energie <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Photovoltaik-Anlagen</li> <li>○ Windenergie-Anlagen</li> <li>○ drehzahlvariable Wasserkraft-Anlagen</li> <li>○ Brennstoffzellen und Speicher</li> <li>○ Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)</li> </ul> </li> <li>• leistungselektronische Systeme in Fahrzeugen – Elektromobilität <ul style="list-style-type: none"> <li>○ elektrische Antriebstechnik</li> <li>○ Ladegeräte</li> </ul> </li> </ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenkenntnisse im Bereich der Leistungselektronik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeiten (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. A. Lindemann, FEIT



## 1.6 Nichttechnische Module

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Pflichtmodul)
<b>Modul:</b> Nichttechnische Module – eine Liste empfohlener Module kann unter folgender Internetadresse eingesehen werden: <a href="https://www.fvst.ovgu.de/vst_media/Dokumente/Pr%C3%BCfungsamt/Formulare/Sonstiges/NTWPFkatalog.pdf">https://www.fvst.ovgu.de/vst_media/Dokumente/Pr%C3%BCfungsamt/Formulare/Sonstiges/NTWPFkatalog.pdf</a>
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> siehe Beschreibung des jeweiligen Moduls
<b>Inhalt</b> siehe Beschreibung des jeweiligen Moduls
<b>Lehrformen:</b> siehe Beschreibung des jeweiligen Moduls
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (Umfang der Präsenzzeiten abhängig vom jeweiligen Modul)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> siehe Beschreibung des jeweiligen Moduls, 6 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> siehe Beschreibung des jeweiligen Moduls
<b>Literaturhinweise:</b> siehe Beschreibung des jeweiligen Moduls

## 1.7 Masterarbeit

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Pflichtmodul)
<b>Modul:</b> Masterarbeit
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Es soll der Nachweis erbracht werden, dass innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem selbständig mit wissenschaftlichen Methoden bearbeitet werden kann. Sie haben die Fähigkeit, mögliche Lösungsansätze zu analysieren und kritisch zu bewerten. Sie können ihre Arbeit im Kontext der aktuellen Forschung einordnen.
<b>Inhalt</b> Themenstellungen zu aktuellen Forschungsvorhaben werden von den Professoren der Fakultäten bekannt gegeben. Die Studierenden können sich ein Thema ihrer Neigung auswählen. Die Ausgabe des Themas ist im Prüfungsamt mit den Namen der Prüfer aktenkundig zu machen. Im Kolloquium haben die Studierenden nachzuweisen, dass sie in der Lage sind, Arbeitsergebnisse aus der selbständigen wissenschaftlichen Bearbeitung in einem Fachgespräch zu verteidigen. Dazu müssen die Ergebnisse in einem Vortrag von max. 15 Minuten dargestellt und diesbezügliche Fragen beantwortet werden.
<b>Lehrformen:</b> selbständige Problembearbeitung mit Abschlussarbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> siehe Studien- und Prüfungsordnung
<b>Arbeitsaufwand:</b> 22 Wochen
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Masterarbeit / Kolloquium / 30 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. E. Specht, FVST (Prüfungsausschussvorsitzender)

## 2. Wahlpflichtmodule

### 2.1 Angewandtes Energierecht für Ingenieure

<p><b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; spezialisierungsübergreifend)</p>
<p><b>Modul:</b> Angewandtes Energierecht für Ingenieure</p>
<p><b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• haben ein grundlegendes Verständnis zum aktuellen Energierecht, insbesondere in Bezug auf das Energiewirtschaftliche Dreieck,</li> <li>• beherrschen Basiskenntnisse zum Verstehen und Anwenden von Rechtsvorschriften auf EU- und Nationalstaatsebene,</li> <li>• erfassen die politische Umsetzung der Energiemarktliberalisierung und die unterschiedlichen Rechtsebenen von der EU bis zur Kommune,</li> <li>• haben ein Verständnis zur rechtlichen Grundlage, der Funktionsweise eines liberalisierten Energiemarktes und seiner Akteure, einschließlich Entflechtung und Regulierung der Netzbetreiber,</li> <li>• erfassen die grundsätzliche politische Zielstellung der Energiewende in Deutschland und deren Umsetzung in das Energierecht, erlernen am Beispiel regenerativer Energien die Grundlagen der Raumordnung, Planung sowie Genehmigung von Energieerzeugungsanlagen.</li> </ul>
<p><b>Inhalt</b></p> <p><i>Einführung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Energiewirtschaftliche Dreieck</li> <li>• Rechtsgrundlagen und Rechtsebenen</li> <li>• Klimaschutz und Implikationen auf die Rechtssetzung</li> </ul> <p><i>Energiemarktliberalisierung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiemarktliberalisierung</li> <li>• Funktionsweise und Akteure am Energiemarkt</li> <li>• Entflechtung und Regulierung der Netzbetreiber</li> </ul> <p><i>Energiewende</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Politische Ziele und Umsetzungsstrategien</li> <li>• Implikationen auf das Energierecht (u.a. EEG, EEWärmeG, EnEV)</li> </ul> <p><i>Planung und Genehmigung von Energieerzeugungsanlagen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Raumordnung, Planung und Genehmigung, u.a. BauGB</li> <li>• Beispiele: Windenergie an Land und Biomasse</li> </ul>
<p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminararbeit</p>
<p><b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine</p>
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (28 h Präsenzzeiten (2 SWS Vorlesung) + 30 h Seminararbeit + 92 h Selbststudium)</p>
<p><b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> benotete Seminararbeit / schriftliche Prüfung / 5 CP</p>

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr. rer. nat. F. Scheffler, FVST

**Lehrende:**

Dr.-Ing. M. Stötzer, Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt

**Literaturhinweise:**

1. Britz, G.; Hellermann, J.; Hermes, G (Hrsg.): EnWG – Energiewirtschaftsrecht Kommentar, C.H. Beck
2. Ekardt, F; Valentin, F: Das neue Energierecht, Nomos
3. Christian Held, Cornelius Wiesner: Energierecht und Energiewirklichkeit, Energie & Management
4. Gatz, S: Windenergieanlagen in der Verwaltungs- und Gerichtspraxis, vhw
5. Ohms, M.J.: Recht der Erneuerbaren Energien, C.H. Beck
6. Maslaton, M: Rechtliche Rahmenbedingungen der Errichtung und des Betriebs von Biomasseanlagen, Verlag für alternatives Energierecht
7. Schulz, M (Hrsg.): Handbuch Windenergie, Erich Schmidt Verlag

## 2.2 Combustion Engineering

<p><b>Course:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung TES)</p>
<p><b>Module:</b> Combustion Engineering</p>
<p><b>Objectives and Competence:</b> The students can conduct energy and mass balances in order to calculate product composition, flame temperature of burners or firing efficiency for heating devices. The student can formulate reaction rates for elementary reactions and identify elementary reactions from global mechanism. They are aware of the techniques to simplify detailed mechanism for specific situations (e.g. lean or rich combustion). The students understand the concept of explosion and flammability, and are able to assess risk related to combustion. They understand the concept of laminar flame propagation that gradients sustained by the chemical reactions permit the necessary heat and mass transport for flame propagation. They can draw qualitatively for a premixed flame, where the flame front is, and the profiles of various quantities (temperature, density, velocity, mass fractions of reactant, intermediate and products). They can estimate the flame height, and they can evaluate the effect of various parameters (pressure, fuel, reactant temperature) on the laminar flame speed. For laminar non-premixed flame, they can draw qualitatively mass fraction and temperature contours, and estimate the length of flame. They grasp the concept of turbulence, and understand the effect of turbulence on the length of turbulent flames whether premixed or non-premixed. They have a basic understanding of the main mechanism involved in the combustion of liquid and solid and fuels. They know the main routes for pollutant formations and available reductive measures. They understand the functioning principles and limitations of the measurement techniques for temperature, velocity, or species concentration for combustion research.</p>
<p><b>Contents:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phenomenology and Typology of Combustion</li> <li>• Thermodynamics of Combustion</li> <li>• Chemical kinetics</li> <li>• Ignition</li> <li>• Laminar flame theory (premixed and non-premixed flame)</li> <li>• Turbulent Combustion</li> <li>• Pollutant formations</li> <li>• Combustion of Liquids and Solids</li> <li>• Combustion diagnostics</li> </ul>
<p><b>Teaching:</b> Lectures with tutorials</p>
<p><b>Requirement for participation:</b> Basic knowledge in Thermodynamics, Heat Transfer, Fluid Mechanics, Reaction kinetics</p>
<p><b>Work load:</b> 150 h (time of attendance: 42 hours (3 semester hours per week), autonomous work: 108 hours)</p>
<p><b>Examination/Credits:</b> - / written exam (120 min) / 5 CP</p>

**Responsibility:**

Jun.-Prof. Dr. B. Fond, FVST

**Literature:**

- Documents to be downloaded on e-learning platform
- S. Turns, *“An introduction to Combustion: Concepts and Applications”* McGraw-Hills, 2011
- J. Warnatz, U. Mass and R.W. Dibble, *“Combustion”* Springer, 2006

## 2.3 Contracting

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; spezialisierungsübergreifend)
<b>Modul:</b> Contracting
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden erkennen das Contracting als eine intelligente Organisationsform zum Outsourcing von Energie- und Medienversorgung. Anhand von Umsetzungsbeispielen sind sie befähigt, Wirkungsmechanismen sowie für den Erfolg relevante Einflussfaktoren klar zu identifizieren und zu analysieren. Auf dieser Basis können sie Contracting-Projekte entwickeln und umsetzen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschichtliche Entwicklung, Definition und Formen des Contracting, Wettbewerbssituation und Marktpotentiale von Contracting</li> <li>• Contracting in einzelnen Wirtschaftssektoren und der Immobilienwirtschaft – Rahmenbedingungen, Chancen, Hemmnisse, Risiken</li> <li>• Entwicklung von Contracting-Projekten; Berechnungsverfahren zum Energiebedarf, Planung, Auslegung und technische Realisationsvarianten von Energieerzeugungsanlagen</li> <li>• Volks- und betriebswirtschaftliche Aspekte des Contracting; Kalkulation von Contracting-Projekten, Wirtschaftlichkeit, Preisanpassung</li> <li>• Rechtsrahmen für sowie Aufbau und Inhalt von Contracting-Verträgen; aktuell diskutierte Rechtsfragen im Zusammenhang mit Contracting-Projekten; Contracting im Fokus von Politik und Klimaschutz</li> <li>• Finanzierungsmodelle und steuerliche Aspekte des Contracting</li> <li>• Controlling und Risikomanagement im Contracting</li> </ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 90 h (Präsenzzeit: 28 Stunden (2 SWS), Selbststudium: 62 Stunden)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 3 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. E. Tsotsas, FVST
<b>Lehrende:</b> Dr.-Ing. K. Gerhold, GETEC AG, Magdeburg
<b>Literaturhinweise:</b> Bemmann, Ulrich; Schädlich, Sylvia (Hrsg.): Contracting Handbuch 2003. Hack, Martin: Energie-Contracting. Recht und Praxis. München, 2003 Seefeldt, Friedrich; Wasielke, Angelika: Contracting-Potential in ausgewählten Segmenten und Regionen, Prognos AG, Berlin, Basel, 2006

## 2.4 Elektrische Antriebe - Elektrische Fahrtriebe

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung EES)
<b>Modul:</b> Elektrische Antriebe - Elektrische Fahrtriebe
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden werden durch das Modul in die Lage versetzt, die Einsatzmöglichkeiten der elektrischen Maschinen zu bewerten und elektrische Antriebssysteme grundlegend zu berechnen. Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden, die stationären und dynamischen Modelle der einzelnen Bestandteile eines Antriebssystems, sowie dessen Wechselwirkung nachvollziehen. Sie sind befähigt, elektrische Maschinen und einfache Antriebssysteme im Labor zu prüfen.
<b>Inhalt</b> - Aufgaben, Funktionsgruppen und Struktur der elektrischen Antriebssystemen - Stationäres und dynamisches Verhalten der Arbeitsmaschinen - Modell der Gleichstrommaschine - Drehmomentregelung - Raumzeigerdarstellung zur Analyse von Drehfeldmaschinen - Modell der permanenterregten Synchronmaschine - Vereinfachtes Modell der Asynchronmaschine - Thermischen Vorgängen - Wirkungsgrad des Antriebssystems
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenkenntnisse in den Bereichen Elektrotechnik und Regelungstechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. R. Leidhold, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> Ulrich Riefenstahl: Elektrische Antriebssysteme: Grundlagen, Komponenten, Regelverfahren, Bewegungssteuerung. 3. Aufl. Vieweg + Teubner Wiesbaden, 2010, ISBN 978-3-8348-1331-2



## 2.5 Elektromobilität

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung EES)
<b>Modul:</b> Elektromobilität
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Es werden Kenntnisse über die Elektromobilität, deren einzelnen Komponenten, Funktionalität des Gesamtsystems sowie der technischen Umsetzung und damit verbundene Zusammenhänge vermittelt. Das Ziel des Seminars besteht darin, ein vielfältiges und notwendiges Spektrum an Informationen über Einsatz und Nutzung der Elektromobilität zu bekommen und ein übergreifendes technisches Fachwissen aufzubauen. Die Seminare gehen von den physikalisch, technischen Grundlagen zur Mobilität, Energiewandlung und Energiespeicherung bis hin zur Herausforderung einer effizienten Systemintegration in bestehende und zukünftige Energieversorgungsinfrastrukturen. Schwerpunkte sind die Bereitstellung der Energie zum Fahrbetrieb, Technologien zur Energiewandlung und Übertragung in Elektrofahrzeugen mit Blick auf Wirkungsgradaspekte, bis hin zu Informations- und Kommunikationstechnologien zur Koordination von Fahrzeugflotten und dem intelligenten/gesteuerten Laden und der technischen Realisierung der Netzanbindung der Elektrofahrzeuge unter Berücksichtigung lokaler Energieressourcen. Damit ergibt sich eine Reihe von Verknüpfungen mit anderen Fachgebieten.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die Elektromobilität - Technologieübersicht</li> <li>2. Physikalisch, technische Beschreibung von Elektrostraßenfahrzeugen</li> <li>3. Low-Voltage (LV) und High-Voltage (HV) Bordnetz im Elektrostraßenfahrzeug</li> <li>4. Leistungselektronik im Elektrostraßenfahrzeug</li> <li>5. Antriebssysteme für Elektrostraßenfahrzeuge</li> <li>6. Elektrische Energiespeicher im Elektrostraßenfahrzeug</li> <li>7. Elektromobilitätsleitwarte</li> <li>8. Geschäftsmodelle in der Elektromobilität</li> <li>9. Vehicle-to-Grid-Konzepte in Verbindung mit Erneuerbaren Energieressourcen</li> <li>10. Standardisierung im Bereich Energie und IKT für Elektrostraßenfahrzeuge</li> </ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenkenntnisse im Bereich der Elektrotechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. M. Wolter, FEIT
<b>Lehrende:</b> Dr.-Ing. Christoph Wenge

## 2.6 Energiespeichersysteme

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; spezialisierungsübergreifend)
<b>Modul:</b> Energiespeichersysteme
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten werden durch den Abschluss des Moduls in die Lage versetzt, die verschiedenen Verfahren, Einsatzgebiete und Anwendungsmöglichkeiten zur Energiespeicherung zu verstehen bzw. umzusetzen. Sie lernen die dazu notwendigen chemischen, elektro- und systemtechnischen Hintergründe kennen und sind in der Lage Energiespeicher für verschiedene Anwendungen auszulegen. Der Abschluss des Moduls befähigt die Studenten, ein geeignetes Speichersystem für eine spezielle Anwendung zu identifizieren und auszulegen und geeignete Betriebsstrategien zu entwickeln.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Überblick über Speichertechnologien</li> <li>▪ Elektrochemische Energiespeicher, Batteriesystemtechnik, Batteriemodellierung</li> <li>▪ Mechanische Speicher</li> <li>▪ Sektorenkopplung</li> <li>▪ Anwendungen <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Dimensionierung, Betrieb und Systemtechnik von Solarspeichersystemen</li> <li>○ Dimensionierung, Betrieb und Systemtechnik von Energiespeichern in elektrischen Versorgungsnetzen</li> <li>○ Energiespeicher in der Elektromobilität</li> </ul> </li> </ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenkenntnisse im Bereich der Elektrotechnik
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Jun.-Prof. Dr.-Ing. I. Hauer, FEIT
<b>Literaturhinweise:</b> Sternner, Energiespeicher Kurzweil, elektrochemische Speicher Huggins, energystorage

## 2.7 Fluidenergiemaschinen

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung SE)
<b>Modul:</b> Fluidenergiemaschinen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Nach der Teilnahme an diesem Modul beherrschen die Studenten das grundsätzliche Funktionsprinzip der Fluidenergiemaschinen (FEM) und kennen die charakteristischen Typen (Pumpen, Verdichter, Gebläse, Ventilatoren, Wasserturbinen, Dampfturbinen, Windturbinen) sowie ihre volkswirtschaftliche Bedeutung und die speziellen Einsatzgebiete. Sie kennen das Betriebsverhalten der FEM und sind in der Lage, die Einsatzmöglichkeiten dieser Maschinen zu beurteilen und sie selbständig auszuwählen. Durch Rechenbeispiele in der Übung beherrschen sie insbesondere das Zusammenspiel einer Pumpe und einer Dampfturbine mit der jeweiligen Anlage.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgabe von Fluidenergiemaschinen, Einteilung der Fluidenergiemaschinen nach verschiedenen Kriterien</li> <li>• Strömungstechnische und thermodynamische Grundlagen zur Beschreibung der Funktion von Fluidenergiemaschinen</li> <li>• Änderung der Arbeitsfähigkeit des Fluids beim Durchströmen einer Fluidarbeitsmaschine und einer Fluidkraftmaschine, Energieflussdiagramm, Verluste, Wirkungsgrade</li> <li>• Energieübertragung im Laufrad einer Fluidenergiemaschine, Ähnlichkeitsgesetze, Kennzahlen</li> <li>• Aufbau, konstruktive Merkmale und Einsatzgebiete sowie Betriebsverhalten von Fluidarbeitsmaschinen (Pumpen, Verdichter, Gebläse, Ventilator), Grenzleistungsbedingungen</li> <li>• Aufbau, konstruktive Merkmale und Einsatzgebiete sowie Betriebsverhalten von Fluidkraftmaschinen (Wasser-, Dampf-, Windturbinen), Grenzleistungsbedingungen</li> <li>• Zusammenwirken von Fluidenergiemaschinen mit Anlagen</li> </ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenkenntnisse in der Bereichen Strömungstechnik, Thermodynamik und Konstruktionslehre
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. D. Thévenin, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> siehe: <a href="http://www.ovgu.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher_FEM.pdf">http://www.ovgu.de/isut/LSS/Lehre/Vorlesungen/buecher_FEM.pdf</a>

## 2.8 Fuel Cells

<p><b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung EES)</p>
<p><b>Modul:</b> Fuel Cells</p>
<p><b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> The participants understand the principles of electrochemical energy conversion. They are aware of the technical applications and future trends in the area of fuel cells. The participants are able to analyse, design and optimise fuel cell systems and possess basic knowledge in the area of fuel processing.</p>
<p><b>Inhalt</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction to fuel cells <ul style="list-style-type: none"> <li>• Working principle</li> <li>• Types of fuel cells</li> <li>• Applications</li> </ul> </li> <li>2. Steady-state behaviour of fuel cells <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potential field</li> <li>• Constitutive relations (Nernst equation, electrochemical reaction kinetics, mass transport)</li> <li>• Integral balance equations for mass and energy</li> <li>• Current-voltage-curve, efficiencies, design</li> </ul> </li> <li>3. Experimental methods in fuel cell research</li> <li>4. Fuels <ul style="list-style-type: none"> <li>• Handling and storage of hydrogen</li> <li>• Fuel processing</li> </ul> </li> <li>5. Fuel cell systems</li> </ol>
<p><b>Lehrformen:</b> Lecture and tutorial</p>
<p><b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Basic knowledge on thermodynamics, electrochemistry, reaction engineering and mass transport is advantageous</p>
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h time of attendance (one-week full-time block seminar (3 semester hours per week) + private studies: 108 hours</p>
<p><b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / oral exam / 5 CP</p>
<p><b>Modulverantwortlicher:</b> Dr.-Ing. G. Papakonstantinou, MPI Magdeburg; Dr.-Ing. I. Ivanov, MPI Magdeburg</p>
<p><b>Literaturhinweise:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes, available for download</li> <li>• Vielstich, W. <i>et al.</i>: Handbook of Fuel Cells, Wiley 2003</li> <li>• Larminie, J. and Dicks, A.: Fuel Cell Systems Explained, Wiley, 2003</li> <li>• Haman, C.H. and Vielstich, W.: Electrochemistry, Wiley, 1998</li> <li>• Bard, A.J. and Faulkner, L.R.: Electrochemical Methods, Wiley, 2001</li> <li>• Wesselingh, J.A. and Krishna, R.: Mass Transfer in Multi-Component Mixtures, Delft Univ. Press, 2000</li> </ul>

## 2.9 Funktionale Materialien für die Energiespeicherung

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtungen: EES, TES)
<b>Modul:</b> Funktionale Materialien für die Energiespeicherung
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können die Einflussfaktoren und wichtigsten Techniken der heutigen Energieversorgung für Deutschland sowie weltweit benennen und analysieren. Sie können die Notwendigkeit für die Entwicklung und den verstärkten Einsatz von Energiespeichern begründen. Die Studierenden sind in der Lage, die unterschiedlichen Prinzipien zur Speicherung thermischer, elektrischer, chemischer und mechanischer Energie zu beschreiben und die möglichen Verfahren bezüglich der materialspezifischen Anforderungen zu werten. Besonderes Augenmerk wird dabei auch auf aktuelle Entwicklungen in der Forschung gelegt.
<b>Inhalt</b> <b>1. Thermische Energie</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Temperaturbereiche der Energiespeicherung und Temperaturhub zw. Wärmequelle und –bedarf</li><li>• sensible, latente, Adsorptions- und Absorptionswärme; Grundlagen</li><li>• Unterschied Kurzzeit-, Langzeit- u. Saisonspeicher</li><li>• Materialien: feste Systeme, flüssige Systeme</li><li>• Spezifische Anwendungen</li></ul> <b>2. Elektrische Energie</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Akkumulatoren und Batterien: Übersicht, Arten, Einsatzgebiete</li><li>• gravimetrische und volumetrische Speicherdichte</li><li>• Standardpotentiale, Abhängigkeit von Temperatur des Systems und Konzentration der Reaktanden</li><li>• Nernst-Gleichung für die einzelnen Systeme</li><li>• Lade-/Entladekinetik; thermische Belastung; Auslegung</li><li>• Bilder existierender Anlagen</li><li>• Supercaps: Funktionsweise</li></ul> <b>3. Chemische Energie</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Wasserstoff, Herstellung über Elektrolyse, Speicherung</li><li>• Adam- und Eva-Prozess</li></ul> <b>4. Druckluft</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Speicherorte und Potentiale</li><li>• Funktionsweise</li></ul> <b>5. Schwungräder</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Langsame, schnelle</li><li>• Potentiale, Wirkprinzip</li></ul> <b>6. Sonstiges</b> z.B. Pumpspeicherwerke
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine

**Arbeitsaufwand:**

150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / Klausur (90 min) / 5 CP

**Modulverantwortlicher:**

Prof. Dr. rer. nat. F. Scheffler, FVST

**Literaturhinweise:**

Energy Storage, R. A. Huggins (Springer Verlag), Erneuerbare Energien und Klimaschutz, Volker Quaschnig (Carl Hanser Verlag), Foliensatz zum Download

## 2.10 Industrial Energy Management

<p><b>Course:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; spezialisierungsübergreifend)</p>
<p><b>Modul:</b> Industrial Energy Management</p>
<p><b>Objectives:</b> This courses discusses the various devices used to convert various sources of chemical energy, atomic or solar energy into electrical or mechanical power. The course focuses on plant design and control, efficiency and pollutant emission. This course applies the competence of the students in Thermodynamics, Heat and Mass Transfer and Combustion to the understanding of modern power plants design. The students are able to estimate the power, energy consumption, environmental impacts of various plants and engines and propose efficiency improvements.</p>
<p><b>Contents:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Global data of energy consumption</li> <li>• Overview of power cycles</li> <li>• The Rankine cycle and its optimization</li> <li>• Steam generators</li> <li>• Coal and Biomass Fired power plants</li> <li>• Solar-thermal power plants</li> <li>• Nuclear power plants</li> <li>• Reciprocating Engines</li> <li>• Gas turbines.</li> </ul>
<p><b>Teaching:</b> Lectures with tutorials</p>
<p><b>Prerequisites:</b> basic knowledge in Thermodynamics, Heat and Mass Transfer, Combustion Engineering (not mandatory but advised)</p>
<p><b>Workload:</b> 120 h (time of attendance: 42 hours (3 semester hours per week), autonomous work: 78 hours)</p>
<p><b>Examination/Credits:</b> - / written exam / 4 CP</p>
<p><b>Responsible lecturer:</b> Jun.-Prof. Dr. B. Fond, FVST</p>
<p><b>Literature:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Handouts and lectures slides to be downloaded on e-learning platform.</li> <li>• Rogers and Mayhews, Engineering Thermodynamics: Work and Heat Transfer (4th Edition)</li> </ul>

## 2.11 Methoden der Optimierung elektrischer Energieversorgungsnetze

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; spezialisierungsübergreifend)
<b>Modul:</b> Methoden der Optimierung elektrischer Energieversorgungsnetze
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studenten erwerben in diesem Seminar Kompetenzen im Bereich der Programmierung mit Hilfe des Softwareprogramms MATLAB. Innerhalb des Seminars werden darüber hinaus Kompetenzen im Bereich der Optimierung, Netzberechnung und der grafischen Ausgabe mit MATLAB erworben.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kennenlernen des Programms MATLAB</li><li>• Einführung in Optimierungsalgorithmen</li><li>• Einführung in genetische Algorithmen, Partikelschwarmoptimierung, Fuzzy Logic</li><li>• Einführung in Prognosealgorithmen mit Neuronalen Netzen und weiteren Prognosealgorithmen</li><li>• Darstellungsmöglichkeiten von Ergebnissen in MATLAB</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. M. Wolter, FEIT



## 2.12 Numerische Strömungsmechanik / Computational Fluid Dynamics

<p><b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung SE)</p>
<p><b>Modul:</b> Numerische Strömungsmechanik</p>
<p><b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Numerische Strömungssimulationen (im Allgemeinen als <i>Computational Fluid Dynamics</i> oder kurz CFD genannt) spielen in vielen modernen industriellen Projekten eine sehr wichtige Rolle. Gute Kenntnisse in den Grundlagen der Strömungsmechanik sind sehr wichtig, aber nicht ausreichend, um CFD selbstständig zu erlernen. Der beste Weg zum Erlernen von CFD ist die so genannte "Learning by Doing"-Methode am Computer. Das ist das Ziel dieses Moduls, in dem die theoretischen Aspekte mit vielen Übungen und mit vielen Beispielen am Computer kombiniert sind. Die Studenten werden dadurch zu einer selbständigen, effizienten und zielgerichteten Nutzung der numerischen Strömungssimulation für komplexe Strömungsprobleme befähigt. Sie erhalten ebenfalls das Verständnis zur kritischen Überprüfung von CFD-Ergebnissen.</p>
<p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einleitung, Organisation der Vorlesung. Geschichte und Bedeutung der CFD. Wichtigste Methoden für die Diskretisierung (Finite-Differenzen, Finite-Volumen, Finite-Elemente)</li> <li>• Fehlerarten, Validierung, Best Practice Guidelines.</li> <li>• Lineare Gleichungssysteme. Direkte Lösung und ihre Grenzen. Iterative Lösungsmethoden, Beispiele und Anwendung. Tridiagonale Systeme. Selbstständige Realisierung unter Aufsicht eines <i>Matlab</i>-Scripts für die Lösung einer einfachen Strömung in einer 2D-Kavität (Poisson-Gleichung).</li> <li>• Auswahl der Konvergenzkriterien. Gitterunabhängigkeit.</li> <li>• Reihenfolge der praktischen CFD: CAD, Gittererzeugung und Lösung. <i>Best Practice</i> (ERCOFTAC) Anweisungen für die CFD. Praktische Verwendung des kommerziellen Programms <i>StarCCM+</i>, um CAD und Gittererzeugung durchzuführen. Erzeugung/Begutachtung von einfachen und komplexen Geometrien, Surface-wrapper. Gitter-Qualität.</li> <li>• Physikalische Modelle für die Simulation komplexer Strömungen. Bedeutung der zweckmäßigen Auswahl dieser Modelle. Strömungsvisualisierung in <i>StarCCM+</i>. Erste und zweite Ordnung in der Diskretisierung.</li> <li>• Eigenschaften turbulenter Strömungen und Bedeutung dieser Strömungen. Turbulenzmodellierung. Berechnung der turbulenten Strömung an einer plötzlichen Querschnittserweiterung. Einsatz der <i>best practice</i>-Anweisungen. Vergleich mit experimentellen Ergebnissen. Grenze kommerzieller CFD-Programmen</li> <li>• Verteilung der Projekte</li> </ul>
<p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung, Computerpraktikum</p>
<p><b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenkenntnisse im Bereich der Strömungsmechanik</p>

<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> PD Dr.-Ing. G. Janiga, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Ferzigerand Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer

## 2.13 Operative Systemführung elektrischer Netze

<p><b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtungen: HE, SE)</p>
<p><b>Modul:</b> Operative Systemführung elektrischer Netze</p>
<p><b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Teilnahme an diesem Modul befähigt die Studenten dazu, die operativen Mechanismen der Systemführung elektrischer Netze zu verstehen und diese anzuwenden. Schwerpunkt liegt auf dem Kennlernen der Akteure im Bereich Technik und Markt, ihrer Freiheitsgrade und den jeweiligen Interaktionen zur Gewährleistung eines sicheren und zuverlässigen Systembetriebes. Auf Grundlage der regulatorischen Rahmenbedingungen werden die Aufgaben eines Netzbetreibers hinsichtlich des praktischen Vorgehens vermittelt und die übergreifenden Prozesse aller Teilnehmer detailliert nachgestellt.</p>
<p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulatorische Rahmenbedingungen</li> <li>• Operative Aufgaben eines Netzbetreibers: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Betriebsführung</li> <li>○ Regelleistung</li> <li>○ Engpassmanagement</li> <li>○ Spannungshaltung</li> <li>○ Netzwiederaufbau</li> </ul> </li> <li>• Leittechnik</li> <li>• Planungsprozesse</li> <li>• Kooperationsprozesse</li> <li>• Praxisberichte</li> <li>• Exkursion</li> </ul>
<p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung</p>
<p><b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Elektrische Netze I: stationäre Netzberechnung</p>
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)</p>
<p><b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 5 CP</p>
<p><b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. M. Wolter, FEIT</p>

## 2.14 Photovoltaische Energiesysteme

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung HE)
<b>Modul:</b> Photovoltaische Energiesysteme
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Erwerb von grundlegenden Kenntnissen zur Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie</li><li>• Erwerb von Kenntnissen über Komponenten, Gestaltung, Funktion und Anwendung von photovoltaischen Energiesystemen</li><li>• Erwerb von Fähigkeiten zur Berechnung und Auslegung von Photovoltaikanlagen</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Einführung</li><li>• Berechnung der Einstrahlung</li><li>• Aufbau und Funktionsweise I</li><li>• Aufbau und Funktionsweise II</li><li>• Herstellung</li><li>• Planung von PV-Anlagen I</li><li>• Planung von PV-Anlagen II</li><li>• Einsatzmöglichkeiten</li><li>• Netzintegration I</li><li>• Netzintegration II</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. M. Wolter, FEIT

## 2.15 Physik der Solarzelle

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung HE)
<b>Modul:</b> Physik der Solarzelle
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <b>Fachliche Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erlangen folgende fachliche Kompetenzen: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kenntnisse grundlegender Begriffe und Konzepte der Photovoltaik</li> <li>2. Kenntnisse über die Wirkungsweise einkristalliner, polykristalliner und amorpher Si-Solarzellen, Zellen aus Verbindungshalbleitern und von Mehrfachsolarzellen</li> <li>3. Grundkenntnisse über die wesentlichen Herstellungsverfahren</li> </ol> <b>Soziale Kompetenzen:</b> Die Absolventinnen und Absolventen erwerben die Fähigkeiten, Probleme der Photovoltaik und deren Lösungen kompetent und verständlich darzustellen.
<b>Inhalt</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung / Halbleitereigenschaften           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbleitereigenschaften</li> <li>• Generation und Rekombination von Ladungsträgern</li> <li>• Metall-Halbleiterkontakt</li> <li>• Halbleiter Heterostruktur, Anderson Modell</li> <li>• Stromerzeugung – belichtete Diode, Gärtner Modell</li> <li>• Auswahlkriterien für Solarzellen, Optimierung, Shockley-Queisser Limit</li> <li>• wichtige Halbleiter für die Photovoltaik</li> </ul> </li> <li>2. Silizium Solarzellen           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kristallherstellung, Design von Solarzellen, Solarzellherstellung</li> <li>• Degeneration von amorphen Solarzellen</li> </ul> </li> <li>3. Mehrfachsolarzellen           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte, Wirkungsgrad, Realisierung</li> </ul> </li> </ol>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminararbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Kenntnisse in Festkörperphysik vorteilhaft
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (28 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung) + 50 h Seminararbeit + 72 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> Seminararbeit mit Vortrag / Klausur / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. rer. nat. H. Witte, FNW

## 2.16 Projektseminar Nachhaltigkeit

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; spezialisierungsübergreifend)
<b>Modul:</b> Projektseminar Nachhaltigkeit
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Aufbauend auf die Ringvorlesung Nachhaltigkeit, erwerben die Studierenden vertiefte Kenntnisse in diesem Themengebiet. Die Teilnahme an der Ringvorlesung ist hierbei von Vorteil, aber keine zwingende Voraussetzung. Durch Zusammenarbeit in interdisziplinären Studierendengruppen werden gemeinsam Konzepte für Themengebiete wie Energieversorgung, Mobilität, Ernährung und Campus erarbeitet. Dabei bietet das Projekt eine exzellente Plattform, um interdisziplinäre Zusammenarbeit und neue Themengebiete kennen zu lernen.
<b>Inhalt</b> Wissenschaftliche Projektarbeit in Gruppen mit Vortrag
<b>Lehrformen:</b> wissenschaftliche Projektarbeit mit Vortrag
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (56 h Präsenzzeit (4 SWS) + 94 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / benoteter Leistungsnachweis / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Dr. rer. nat. H. Wallis, FNW

## 2.17 Sustainability Assessment (LCA) for Biofuels

<p><b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung TES)</p>
<p><b>Module:</b> Sustainability Assessment (LCA) for Biofuels</p>
<p><b>Objectives (Skills):</b> The students will get an overview of the sustainability assessment methodologies. They will learn the theoretical background and the standardized procedures to carry out a life cycle assessment (LCA). The phases (goal and scope, inventory analysis, impact assessment and interpretation and evaluation) in a life cycle assessment (LCA) will be declared in detail. The importance of product system definition and functional unit will be worked out. With the help of examples the students will acquire skills to define the system boundaries, to apply the cut-off rules. Furthermore, the students will learn the principles how to allocate the interventions or expenditures in a case of a multiproduct system and how to use the credit method. The use of flow sheet simulation tools will be taught to quantify the energy and mass flows for chemical production processes. The impact categories will explained and the students will learn to how to select appropriate and relevant impact categories in different types of product systems. The evaluation of the results and the differences between attributional and consequential LCA will be learned. The thermochemical and biotechnological production processes for renewable fuels and chemicals will be elucidated as case examples for LCA. Beyond the sustainability aspects the students will learn the process limitations and technical challenges for various raw materials (e.g. starch vs. Lignocellulosic platforms). Finally the students learn the principles of an exergy analysis. Commercial LCA programs will be presented and the content discussed. As another component, the course brings the students the skills of searching and collecting scientific peerreviewed information with the citation on-line database Scopus. They will learn to analyse and critically review the scientific publications, and to report scientific published information appropriately.</p>
<p><b>Content:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sustainability and the principles of sustainable development.</li> <li>2. The overview of Life Cycle Assessment (LCA) and the phases</li> <li>3. Inventory and energy analysis, system boundaries, cut-off rules, allocation rules for multiproduct systems.</li> <li>4. Impact assessment, the input- output related categories,</li> <li>5. Reporting, interpretation, evaluation and critical review. Attributional and consequential LCA.</li> <li>6. Ethanol production processes (starch and sugar and lignocellulosic based platform)</li> <li>7. Thermochemical processes: BTL, biomass gasification, pyrolysis and Fischer-Tropsch</li> <li>8. Algae biomass utilization, transesterification of triglycerides, anaerobic digestion</li> <li>9. Introduction to exergy analysis</li> </ol>
<p><b>Teaching:</b> Lectures and a guided scientific literature search and a preparation of a literature survey.</p>
<p><b>Prerequisites:</b> Basic courses of chemistry and chemical engineering (Bachelor level)</p>
<p><b>Workload:</b> 150 hours (presence: 28 hours (2 SWS), autonomous work: 122 hours)</p>

**Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:**

- / written exam / 5 CP

**ResponsibleLecturer:**

Dr. techn. L. Rihko-Struckmann, MPI Magdeburg

**Literaturhinweise:**

lecture notes (free to download)



## 2.18 Thermische Prozesstechnik

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung TES)
<b>Modul:</b> Thermische Prozesstechnik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Studierenden können die Erwärmungs- und die Abkühlungsvorgänge fester Körper wie Metalle, Keramiken, Baustoffe berechnen. Sie kennen den Mechanismus des Wärmeübergangs durch Strahlung. Sie wissen, wie durch Strahlungsschirme und Sekundärstrahlung der Wärmeübergang beeinflusst werden kann. Sie können für die Erde Energiebilanzen aufstellen. Sie können den Einfluss des Kohlendioxids auf die globale Erwärmung berechnen. Sie können gekoppelte Wärme- und Stofftransportvorgänge unter Verwendung von Gleichgewichtsbeziehungen berechnen. Sie sind damit in der Lage, Prozesse der Hochtemperaturverfahrenstechnik und der Energietechnik thermisch auszulegen.
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmebehandlungsprozesse von Feststoffen, Anwendungsbeispiele, Herstellung von Keramik und Metallen, Temperaturverläufe, Fourier'sche Dgl. mit Grenzbedingungen</li> <li>• Vereinfachte analytische Lösung für eindimensionale Wärmeleitung, dimensionslose Beschreibung, Beispiele, mehrdimensionale Wärmeleitung, Wärmetransport in halbunendlichen Körpern und bei kurzen Zeiten, Kontakttemperatur</li> <li>• Wärmeübertragung durch Strahlung, Mechanismus, Intensitäten, Emissionsgrade für feste, flüssige und gasförmige Stoffe, Staub- und Rußstrahlung</li> <li>• Einstrahlzahlen, Strahlungsaustausch, Strahlungsschirm, Treibhauseffekt, Sekundärstrahlung</li> <li>• Wärmeströme der Erde, Strahlung der Atmosphäre, Klimamodellierung</li> <li>• Intensivkühlvorgänge, Tauch-, Film- und Spritzkühlung, Einfluss von Flüssigkeiten, kritische Wärmestromdichten, Leidenfrostproblematik</li> <li>• Gekoppelte Wärme- und Stofftransportvorgänge, Gleichgewichtsbedingungen an Phasengrenzen, Beispiel Kohlenstoffverbrennung, Kalksteinzersetzung</li> </ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung mit Übung und Experimenten
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundlagenkenntnisse in den Bereichen Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung, Strömungstechnik, Physikalische Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündlich / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. E. Specht, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> Lehrbuch Specht: Wärme- und Stoffübertragung in der Thermoprozesstechnik. Vulkan Verlag 2014

## 2.19 Thermoelektrik

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung HE)
<b>Modul:</b> Thermoelektrik
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden kennen die chemischen und physikalischen Grundlagen des thermoelektrischen Effekts und die prinzipiellen Möglichkeiten der Nutzung dieses Effekts zur Erzeugung von Elektroenergie.</li> <li>• Sie kennen die grundlegenden Probleme bei der technischen Nutzung dieser Materialien.</li> <li>• Darauf aufbauend können sie neue Strategien zur Lösung dieser Probleme interpretieren und weiterentwickeln.</li> </ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seebeck-Effekt, Peltier-Effekt, Randbedingungen</li> <li>• Anwendung von Metallen, Thermoelektrische Spannungsreihe</li> <li>• Halbleitermaterialien, Dotierung</li> <li>• Skutterudite, Clathrate und Zinkantimonid</li> <li>• Perowskite</li> <li>• Nanostrukturierte Materialien</li> <li>• Neue Verarbeitungstechnologien</li> <li>• Systemintegration</li> <li>• Applikationen</li> </ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminararbeit
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> Grundkenntnisse in Physik und Chemie
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (28 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung) + 50 h Seminararbeit + 72 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. rer. nat. F. Scheffler, FVST
<b>Literaturhinweise:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eigener Foliensatz vom Dokumentenserver OVGU ladbar</li> <li>2. Introduction to Thermoelectricity, H. Julian Goldsmid, Springer-Verlag 2009</li> </ol>

## 2.20 Wasser- und Flusskraftwerke

<p><b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung SE)</p>
<p><b>Modul:</b> Wasser- und Flusskraftwerke</p>
<p><b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> Die Teilnehmer der Lehrveranstaltung lernen Aufbau, Funktion und energiewirtschaftliche Einordnung von Wasser- und Flusskraftwerken kennen. Sie erhalten einen Überblick über die Geschichte und heutige Nutzung von Wasserkraft, sowie die energiewirtschaftlichen und gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Wasserkraft in Deutschland und weltweit. Der technische Teil behandelt die physikalisch-technischen Grundlagen der Wasserkraftnutzung, den Aufbau von Laufwasser- und Speicherkraftwerken, sowie die Prinzipien der Nutzung der Meeres- und Flussenergien. Darüber hinaus wird ein aktueller Überblick über Innovationen und internationale Entwicklungen im Bereich der Wasser- und Gezeitenkraftnutzung gegeben.</p>
<p><b>Inhalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einleitung, Historie und Aufbau von Wasser- und Flusskraftwerken (WKA)</li> <li>• Ausgeführte Turbinen / Strömungswandler in WKA</li> <li>• Bauelemente von Wasser- und Flusskraftanlagen</li> <li>• Hydrodynamische, energetische, physikalische Grundlagen</li> <li>• Energiearten (Prantl), Energieumwandlungen in WKA</li> <li>• Typen von konventionellen Wasserkraftwerken</li> <li>• Laufwasser- und Speicherkraftwerke</li> <li>• Alternative Wasserkraftwerke</li> <li>• Gezeitenkraftwerke</li> <li>• Gesetzliche Rahmenbedingungen für WKA</li> <li>• Praktische Beispiele von WKA</li> <li>• Innovationen und Entwicklungen im Bereich von Wasser- und Flusskraftwerken</li> <li>• Steuerung und Regelung von Wasser- und Flusskraftwerken</li> </ul>
<p><b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Seminararbeit mit Vortrag</p>
<p><b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine</p>
<p><b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (28 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung) + 50 h Seminararbeit + 72 h Selbststudium)</p>
<p><b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 5 CP</p>
<p><b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. rer. nat. F. Scheffler, FVST</p>
<p><b>Lehrende:</b> Dipl.-Ing. M. Spiewack, ZPVP - Zentrum für Produkt-, Verfahrens- und Prozessinnovation GmbH, Experimentelle Fabrik Magdeburg</p>

## 2.21 Werkstoffe für energietechnische Anwendungen

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; spezialisierungsübergreifend)
<b>Modul:</b> Werkstoffe für energietechnische Anwendungen
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Überblick über Werkstoffe für spezielle Anwendungen / mit hohem Anwendungspotential in den(regenerativen) Energietechnologien; Hochtemperaturwerkstoffe in Verbrennungsanlagen, Werkstoffe in Energiespeicheranlagen, energietechnisch relevante Beschichtungen etc.</li><li>• Vermittlung von Kenntnissen zu Herstellung, Eigenschaften, Struktur und (potentiellen)Anwendungen</li></ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Werkstoffe für Brennstoffzellen,</li><li>• Solarzellen und Solarabsorbern und -reflektoren</li><li>• HTSL-Werkstoffe;</li><li>• Verbundwerkstoffe in mechanischen Wandlern,</li><li>• Werkstoffbeispiele in Gasturbinen</li><li>• Werkstoffkonzepte und ausgewählte Probleme in Biogasanlagen</li></ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung , Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / Klausur (90 min) / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr. rer. nat. M. Scheffler, FMB

## 2.22 Windenergie

<b>Studiengang:</b> Master Nachhaltige Energiesysteme (Wahlpflichtmodul; Spezialisierungsrichtung SE)
<b>Modul:</b> Windenergie
<b>Ziele des Moduls (Kompetenzen):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb von grundlegenden Kenntnissen zur Umwandlung und Nutzung der Windenergie für die Stromerzeugung</li> <li>• Erwerb von Kenntnissen über Komponenten, Gestaltung, Funktion und Anwendung von Windkraftanlagen</li> <li>• Erwerb von Fähigkeiten zur Berechnung und Auslegung von Windkraftanlagen</li> </ul>
<b>Inhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe, Potentiale, Rahmenbedingungen</li> <li>• Physik der Windenergienutzung, grundlegende Konversionsprinzipien</li> <li>• Auslegung von Windturbinen, Tragflügeltheorie</li> <li>• Kennfeldberechnung und Teillastverhalten</li> <li>• Berechnungsverfahren, Leistungskennlinie</li> <li>• Aufbau von Windkraftanlagen, Anlagenkomponenten, Generatorarten</li> <li>• Generator-Netz-Kopplung, Netzurückwirkungen</li> <li>• Systemdienstleistungen</li> <li>• Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</li> </ul>
<b>Lehrformen:</b> Vorlesung, Übung
<b>Voraussetzung für die Teilnahme:</b> keine
<b>Arbeitsaufwand:</b> 150 h (42 h Präsenzzeit (2 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung) + 108 h Selbststudium)
<b>Leistungsnachweise/Prüfung/Credits:</b> - / mündliche Prüfung / 5 CP
<b>Modulverantwortlicher:</b> Prof. Dr.-Ing. habil. M. Wolter, FEIT