

# **Modulkatalog des Masterstudiengangs**

## **Energiesysteme**

### **Inhalt**

1. Modulübersicht
2. Studienverlaufsplan
3. Modulbeschreibungen

# 1. Modulübersicht

Modularten:

P Pflichtmodul

WP Wahlpflichtmodul

<b>Nr.</b>	<b>Modulbezeichnung</b>	<b>verantwortlich</b>	<b>Modulart</b>
840	Forschungs- und Entwicklungsmanagement	Brodhun	P
841	Simulation dynamischer Systeme	Neitzke/Wesselak	P
842	Kraftwerke	Große	P
843	Energiesysteme-Sektorkopplung	Große	P
844	Kleine Projektarbeit	Link	P
845	Große Projektarbeit	Link	P
846	Technische Diagnose- und Energiemanagementsysteme	Viehmann	P
847	Vertiefung Strömungslehre	Link	WP
849	Abschlussmodul Energiesysteme	Link	P
853	Simulation thermischer Energiesysteme	Schabbach	WP
854	Bioenergy Systems I - Solid Biomass	Fischer	WP
856	Life Cycle Analysis of Renewable Energy Systems	Fischer	WP
863	Fuel cell technologies	Fischer	WP

## Studienverlaufsplan Energiesysteme (M. Eng.)

Semester Wochen Stunden

Vorlesung oder Seminar/Übung/Praktikum oder Projektarbeit

Credit Points

Prüfungsart: P = Prüfungsleistung / V = Prüfungsvorleistung / S = Studienleistung

### Pflichtbereich

1. Semester	SWS V/Ü/Pr	CP	PA	2. Semester	SWS V/Ü/Pr	CP	PA
Qualifikationsaufbau I	4/0/0	5	P	Technische Diagnose- und Energiemanagementsysteme (846)	4/0/0	5	P
Qualifikationsaufbau II	4/0/0	5	P	Kraftwerke (842)	3/1/0	5	P
Simulation dynamischer Systeme (841)	4/0/0	5	P	Energiesysteme-Sektorkopplung (843)	3/1/0	5	P
Forschungs- und Entwicklungsmanagement (840)	2/0/2	5	P	Wahlpflichtfach 2	4/0/0	5	P
Wahlpflichtfach 1	4/0/0	5	P	Große Projektarbeit (845)	0/0/8	10	P
Kleine Projektarbeit (844)	0/0/4	5	P				
<b>Zwischensumme</b>	<b>24</b>	<b>30</b>			<b>24</b>	<b>30</b>	

3. Semester	CP
Masterarbeit (849A)	26
Masterkolloquium (849B)	4
<b>Summe</b>	<b>30</b>

Die Fächer des Qualifikationsaufbaus werden nach der Einschreibung in einer verpflichtenden Studienberatung in Form eines Sonderstudienplans festgelegt.

### Wahlpflichtfächer (exemplarisch)

Modulbezeichnung	SWS V/Ü/Pr	CP	PA
Vertiefung Strömungslehre (847)	2/0/2	5	P
Simulation Thermischer Energiesysteme (853)	2/0/2	5	P
Life Cycle Analysis of Renewable Energy Systems (856)	4/0/0	5	P
Fuel Cell Technologies (863)	4/0/0	5	P
Bioenergy Systems I (854)	4/0/0	5	P

<b>Modul – Nr.</b>		<b>840</b>		<b>Pflicht</b>	
<b>Modulbezeichnung</b>		<b>F&amp;E-Management</b>			
Modulverantwortlicher		Dr. Brodhun			
Titel der Lehrveranstaltung(en)		F&E-Management			
Prüfungsbezeichnung		F&E-Management			
Fachsemester		1			
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Vorlesung / praktische Übung-Seminar		deutsch	
SWS/ ECTS/ Workload		2 V / 2 P		5 150	
Formale Teilnahmebedingungen		Keine			
<b>1. Inhalte und Qualifikationsziele</b>					
<b><u>Inhalte:</u></b>					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in das F&amp;E-Management</li> <li>2. Methoden und Kreativitätstechniken</li> <li>3. Grundbegriffe und Zusammenhang zum betrieblichen Innovationsprozessen/Treiber technischer Entwicklungsprozesse</li> <li>4. Führungs- und Organisationsprobleme betrieblicher Forschung und Entwicklung</li> <li>5. Spezifische Probleme des Projektmanagements von F/E Prozessen: Moving Targets, Technischer Entwicklungsprozess, Pflichten- und Lastenhefte, Budget, Ergebnistransfer und Erfolgsbewertung</li> <li>6. Organisations- und Kooperationsformen überbetrieblicher Forschungs- und Entwicklungszusammenarbeit</li> <li>7. Ideenfindung, Planungstechniken: z.B.: Simultaneous Engineering, Six-Sigma, Design for X, QFD</li> <li>8. Technikbewertung/Technikfolgenabschätzung</li> </ol>					
<b><u>Lernziele:</u></b>					
<p>Die Studierenden sind mit den wesentlichsten Fragestellungen des betrieblichen F/E-Managements vertraut und haben erkannt, dass neben der Vermittlung des notwendigen Handlungswissens immer auch ein Zusammenhang zur Komplexität betrieblicher Innovationsprozesse insgesamt hergestellt werden muss. Die Teilnehmer können praxisrelevante Prozessmodelle betrieblicher Produktinnovationsprozesse darstellen und erklären sowie Produktverbesserungen im Team entwerfen und vertreten. Bei Abschluss des Lernprozesses ist der erfolgreiche Student in der Lage, geeignete Kreativitätstechniken zur Ideengenerierung zu nutzen sowie geeignete Bewertungsmethoden zur Ideenauswahl anzuwenden.</p>					
<b>2. Lehrformen</b>					
<p>Die Veranstaltung findet in Form einer seminaristischen Vorlesung mit aktiver Einbeziehung der Studierenden statt; darüber hinaus werden im Veranstaltungsteil Ideenfindung/Kreativitäts- und Planungstechniken DV-basierte Planspiele angeboten.</p>					
<b>3. Voraussetzung für die Teilnahme</b>					
<p>Für die Teilnahme bestehen keine formalen Voraussetzungen. Die begleitend empfohlene Literatur wird in der Einführungsveranstaltung bekannt gegeben.</p>					
<b>4. Verwendbarkeit des Moduls</b>					
<p>Das Modul ist ein Pflichtmodul in den Masterstudiengängen Energiesysteme und Mechatronik.</p>					
<b>5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten</b>					
<p>Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten ist eine mindestens mit „ausreichend“ bewertete Prüfungsleistung in der Modulprüfung „F&amp;E Management“. Die Modulprüfung findet in Form einer benoteten Prüfungsleistung (Belegarbeit mit Vortrag in Form von Gruppenarbeit) statt.</p>					
<b>6. Leistungspunkte und Noten</b>					
<p>Die Note entspricht der Benotung der Belegarbeit mit Vortrag. Bei erfolgreichem Abschluss des Moduls werden 5 Leistungspunkte (ECTS) vergeben.</p>					
<b>7. Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>					
<p>Das Modul wird im Wintersemester angeboten.</p>					

**8. Arbeitsaufwand (workload)**

Der Arbeitsaufwand besteht im Wesentlichen aus Teilnahme am Seminar (45 h), Vor- und Nachbereitung der Vorlesungen (30 h), der Bearbeitung von Übungs- und Hausaufgaben (30 h) sowie der Anfertigung von Seminararbeit und Seminarvortrag in Form von Gruppenarbeit (45 h). Der gesamte Arbeitsaufwand beträgt 150 h, dies entspricht 5 ECTS.

**9. Dauer des Moduls**

1 Semester

<b>Modul – Nr.</b>	<b>841</b>	<b>Pflicht</b>
<b>Bezeichnung</b>	Simulation dynamischer Systeme	
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. K.-P. Neitzke / Prof. Dr.-Ing. V. Wesselak	
Titel der Lehrveranstaltung(en)	A - Modellbildung und Simulation (Prof. Wesselak) B - Simulation von Regelungen (Prof. Neitzke)	
Prüfungsbezeichnung	Simulation dynamischer Systeme	
Fachsemester	1	
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Vorlesung Deutsch
SWS/ ECTS/ Workload	4 V	5 150
Formale Teilnahmebedingungen	keine	

## 1. Inhalte und Qualifikationsziele

### Inhalte:

Das Modul gliedert sich in zwei Lehrveranstaltungen:

#### A Modellbildung und Simulation

1. Modellbildung für Regelstrecken
2. Einfache Kombinationen von Bauelementen – Systeme 1. Ordnung – Systeme 2. Ordnung –
3. Schwingungsfähige Systeme – Einfache Regelkreise – Nichtlineare Systeme – Simulink-Übungen zu einfachen Regelstrecken
4. Zustandsdarstellung für zeitkontinuierliche Systeme
5. Einführung von Zustandsgrößen – Zustandsdarstellung – Übertragungsfunktion – Laplace-Transformation – Simulink-Übungen zu einfachen Regelkreisen
6. Zustandsdarstellung für zeitdiskrete Systeme
7. Übergang vom zeitkontinuierlichen in den zeitdiskreten Bereich – Z-Transformation - Simulink-
8. Übungen zu einfachen Regelkreisen

#### B Simulation von Regelungen

1. Zeitdiskrete Signalmodelle (Beschreibung im Zeit- und im Z-Bereich), Modellierung ausgewählter Systeme
2. Entwurfsspezifikationen, Projektierung von zeitdiskreten Regelungen
3. Rechnerunterstützter Entwurf zeitdiskreter Regelungen im Zeit und im Z-Bereich
4. Standardregler, Synthese zeitdiskreter Regelungen mittels Bode-Diagramm, Algebraische Synthese zeitdiskreter Regelungen

### Lernziele:

Den Studierenden sind in der Lage einfache lineare und nichtlineare physikalische Systeme im zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Bereich zu modellieren. Sie können Zustandsgrößen einführen und Zustandsgleichungen aufstellen und haben Erfahrung im Umgang mit dem weitverbreitetem Simulationswerkzeug MATLAB/SIMULINK. Sie können zeitdiskrete Regelkreise entwerfen und behandeln.

## 2. Lehrformen

4 SWS Vorlesung mit integrierten Übungen

## 3. Voraussetzung für die Teilnahme

Für diese Lehrveranstaltung existieren keine formalen Voraussetzungen, jedoch werden die regelungstechnischen Grundlagen eines ingenieurwissenschaftlichen Bachelorstudiums vorausgesetzt.

## 4. Verwendbarkeit

Dieses Modul ist ein Pflichtmodul in den Masterstudiengängen „Energiesysteme“ und „Mechatronik“.

## 5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten

Die beiden Lehrveranstaltungen werden in getrennten Klausuren abgeprüft. Beide Prüfungen müssen mit mindestens ausreichend bewertet sein; die Ergebnisse der beiden Klausuren werden linear miteinander verrechnet und ergeben die Modulnote.

## 6. Leistungspunkte und Noten

In dem Modul werden Leistungspunkte und Noten getrennt ausgewiesen.

## 7. Häufigkeit des Angebots

Das Modul wird - beginnend im Sommersemester - in jedem Studienjahr angeboten.

**8. Arbeitsaufwand (work load)**

Die Arbeitsbelastung besteht im Wesentlichen im Besuch der Vorlesungen mit aktiver Teilnahme der Studierenden (45 h), der Vor- und Nachbereitung des behandelten Stoffes (60 h), sowie der Vorbereitung der schriftlichen Prüfung (45 h). Die gesamte Arbeitsbelastung umfasst 150 h; dies entspricht 5 ECTS Credits.

**9. Dauer**

1 Semester

<b>Modul – Nr.</b>	<b>842</b>		<b>Pflicht</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Kraftwerke</b>		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rainer Große		
Titel der Lehrveranstaltung(en)	Kraftwerke		
Prüfungsbezeichnung	Kraftwerke		
Fachsemester	2		
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Vorlesung mit Übungen	deutsch
SWS/ ECTS/ Workload	3 V / 1 Ü	5	150
Formale Teilnahmebedingungen	keine		

## 1. Inhalte und Qualifikationsziele

### Inhalte:

1. Einführung
  - Überblick Stromerzeugung erneuerbar, atomar und fossil
  - Kraftwerkstypen, Kennzahlen
  - Zusammensetzung Kraftwerkspark und Planungen in DE und international
  - Ressourcen fossiler und atomarer Brennstoffe im Vergleich
2. Fossilthermische (konventionelle) Kraftwerke
  - Komponenten (Dampferzeuger, Feuerung, Nebenanlagen)
  - Betriebsführung, Wärmeschaltbilder, Energie- und Massenströme
  - Hilfs- und Reststoffe (incl. Exkurs: REA-Gips)
  - Carbon Capture and Storage-Konzept (CCS)
  - Grundlagen der Wasserchemie, Korrosion
  - Forschung und Entwicklung
3. Kernkraftwerke
  - Grundlagen radioaktiver Zerfall
  - Realisierte und geplante Reaktorkonzepte
  - Kernenergieausstieg, Rückbau, Endlagerung
4. Solarthermische Kraftwerke
5. Kraft-Wärme-Kopplung
  - Thermodynamik, Prinzip, Bauarten, Kennzahlen
  - Heizkraftwerke
    - BHKW, MHKW
    - Gasturbinen-KW, GuD-Konzept
    - Wärmeauskopplung, Fernwärmeverteilung
6. Kaltdampfprozesse bei erneuerbaren Energien
  - Vergleichsprozesse, h-s- und T-s-Diagramme, Anwendung, Berechnung
  - ORC (Organic Rankine Cycle), OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)
7. alternative Brennstoffe (Müll, Biomasse, Klärschlamm)
8. Kraftwerke und Netz (Flexibilität, Reserveleistung, Wechselwirkung eE und fossile KW)

### Lernziele:

Die Studierenden kennen Aufbau, Technologien und wesentliche Komponenten der Kraftwerkstechnik. Sie können Zusammenhänge zu thermodynamischen und betriebswirtschaftlichen Kennzahlen (z.B. Stromgestehungskosten) und Umweltauswirkungen erklären sowie zugehörige Fachbegriffe einordnen und anwenden.

Die Studierenden können weiterhin Prozesse für thermische Kraftanlagen berechnen und Größenordnungen sowie Dimensionen für wichtige Komponenten, Energie- und Massenströme abschätzen.

Die Studierenden können abgeschlossene Aufgaben zur Ermittlung von Bilanzen, leistungs- und wirkungsgradsteigernden Einflüssen lösen sowie auf Plausibilität prüfen.

## 2. Lehrformen

Die Veranstaltung findet in Form einer Vorlesung mit integrierten Übungsanteilen statt. Zu zentralen Themen werden Übungsaufgaben und Fallbeispiele vorgestellt, gemeinsam bearbeitet und gelöst. Zur Veranstaltung wird auf



der E-Learning-Plattform ein Skript mit Lernkontrollfragen zur Verfügung gestellt.
<b>3. Voraussetzung für die Teilnahme</b>
Zur Teilnahme an der Lehrveranstaltung bestehen keine formalen Voraussetzungen. Eine erfolgreiche Teilnahme an Lehrveranstaltungen Kraft- und Arbeitsmaschinen, Thermo- und Fluidodynamik (vergl. Strömungsmechanik, Technische Thermodynamik) ist vorteilhaft.
<b>4. Verwendbarkeit des Moduls</b>
Das Modul Kraftwerke ist Pflichtmodul im Studiengang Energiesysteme.
<b>5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten</b>
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten ist eine mindestens mit „ausreichend“ bewertete Prüfungsleistung. Diese werden in einer Klausur (Dauer 120 min) im Prüfungszeitraum geprüft. Andere Prüfungsformen wie mündliche Prüfung, Seminararbeit oder Vortrag mit Verteidigung sind möglich. Die Prüfungsart wird vom Modulverantwortlichen vor Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.
<b>6. Leistungspunkte und Noten</b>
Die Modulnote entspricht der Benotung der schriftlichen Prüfung. Mit der Modulnote werden 5 Leistungspunkte (ECTS) vergeben.
<b>7. Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>
Das Modul wird jährlich im Wintersemester angeboten.
<b>8. Arbeitsaufwand (work load)</b>
Der Workload für dieses Modul ist mit 150 h bemessen; dies entspricht 5 ECTS-Credits. Diese Arbeitsbelastung ergibt sich aus dem Besuch der Vorlesung mit aktiver Teilnahme der Studierenden (ca. 45 h). Darüber hinaus ist im Rahmen des Selbststudiums der in der Vorlesung behandelte Stoff mit E-Learning-Unterstützung nachzubereiten (ca. 25 h); außerdem sind die in der Lehrveranstaltung vorgestellten Aufgabenblöcke zu lösen (ca. 25 h), sowie verschiedene Fallbeispiele auf Basis der in der Übung vorgestellten Literaturquellen selbstständig zu bearbeiten (ca. 25 h). Die Vorbereitung und Durchführung der schriftlichen Prüfung ist mit ca. 30 h bemessen.
<b>9. Dauer des Moduls</b>
Das Modul wird innerhalb eines Semesters angeboten.

<b>Modul – Nr.</b>	<b>843</b>		<b>Pflicht</b>	
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Energiesysteme-Sektorkopplung</b>			
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Rainer Große			
Titel der Lehrveranstaltung(en)	A Bilanzierung und Modellierung (Professor Wesselak) B Technologien der Sektorenkopplung (Professor Große)			
Prüfungsbezeichnung	Energiesysteme-Sektorkopplung			
Fachsemester	2			
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Vorlesung mit Übungen	deutsch	
SWS/ ECTS/ Workload	3 V / 1 Ü	5	150	
Formale Teilnahmebedingungen	keine			

## 1. Inhalte und Qualifikationsziele

Sektorkopplung als energietechnische und energiewirtschaftliche Verknüpfung von Strom, Wärme, Mobilität und industriellen Prozessen sowie deren Infrastrukturen

### Studieneinheit A: Bilanzierung und Modellierung (Wesselak)

#### Inhalte:

1. Grundlagen
  - Endenergiemärkte: Größe und Strukturen nach Sektoren und Anwendungsbereichen
  - Szenarien der Verbrauchsentwicklung der Sektoren
  - Wechselbeziehungen zwischen Elektrizitäts-, Gas-, Wärme- und Kraftstoffsystemen
  - Interaktionspotentiale, Interaktionszwänge
  - Rolle Import – Export (Grenzkuppelstellen, Bilanzraum)
2. Zeitstrukturen von Energieerzeugung und –verbrauch
  - Zeitverläufe, Residuallast und Jahresdauerlinien
  - Speicherbedarf
3. Modellierung von E.systemen (Fraunhofer ISE)
  - Kostenoptimum (Fichtner)
4. Energiewirtschaft, Markt
5. energiepolitische Rahmenbedingungen

### Studieneinheit B: Technologien der Sektorenkopplung (Große)

#### Inhalte:

1. Infrastruktur - Transport- und Speichersysteme
  - Infrastruktur heute
    - Kapazitäten vorhandener Netze und Speicher (Elektrizität, Erdgas (komprimiert, verflüssigt), andere fossile Energieträger, Kraftstoffe, Wasserstoff, Biomasse)
    - Netzführung, Versorgungssicherheit
    - Interaktion der Sektoren, z.B. Ladeinfrastruktur
  - Infrastruktur (Netze) von morgen
    - HGÜ-Netze, Niederspannungs-Gleichspannungsversorgung, neue Aspekte der Netzführung
    - intelligente für Netze Elektrizität, Gas und Wärme (smart grids)
    - Rolle der Digitalisierung (intelligente Messsysteme, Daten- und Versorgungssicherheit)
    - Betankungs-/Lade-Infrastruktur
2. Wandler-Komponenten - Technik, Wirkungsgrad, Kosten(entwicklung), Nachhaltigkeit
  - Power to Heat (Wärmepumpen, Elektrokessel und Widerstandserhitzer)
  - Power to Gas (Elektrolyse, Methanisierung, H<sub>2</sub>-Beimischung in Erdgasnetze)
  - Power to Fuel/Liquid (synthetische Brenn- und Kraftstoffe)
  - Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
  - Batteriespeicher als Game Changer
3. Wandlersysteme - Beispiele

- Multi grid storage
  - hybrides Heizwerk als Stromspeicher (BHKW, Elektrokessel, Wärmepumpe)
  - Industrieprozess power to chemical – Zusammenhang zwischen Energie- und Rohstoffwende
4. Flexibilitäts- und Effizienzpotentiale
- DSM, RSM
  - Virtuelle Kraftwerke

#### Lernziele:

Die Studierenden verstehen die Sektorenkopplung als sowohl energietechnische als auch energiewirtschaftliche Verknüpfung der Sektoren Strom, Wärme, Mobilität und industrielle Prozesse. Sie haben die Sektorenkopplung als entscheidendes Instrument der Decarbonisierung erkannt.

Sie kennen den aktuellen Stand, die laufenden und künftig zu erwartenden Entwicklungen der Energieinfrastruktur.

Die Studierenden kennen die wesentlichen Technologien sowie Aufbau und Wirkungsweise der der Wandler als Schnitt- bzw. Koppelstellen der Sektorkopplung.

Sie können Zusammenhänge zu thermodynamischen und betriebswirtschaftlichen Kennzahlen und Umweltauswirkungen erklären sowie zugehörige Fachbegriffe einordnen und anwenden.

Die Studierenden können weiterhin Prozesse für Wandlerysteme berechnen und Größenordnungen sowie Dimensionen für wichtige Komponenten, Energie- und Massenströme abschätzen.

### **2. Lehrformen**

Die Veranstaltung findet in Form einer Vorlesung mit integrierten Übungsanteilen statt. Zu zentralen Themen werden Übungsaufgaben und Fallbeispiele vorgestellt, gemeinsam bearbeitet und gelöst. Beide Studieneinheiten laufen parallel und bauen im Wesentlichen aufeinander auf. Zur Veranstaltung wird auf der E-Learning-Plattform ein Skript mit Lernkontrollfragen zur Verfügung gestellt.

### **3. Voraussetzung für die Teilnahme**

keine formalen Voraussetzungen

### **4. Verwendbarkeit des Moduls**

Das Modul Energiewirtschaft ist Pflichtmodul im Studiengang Energiesysteme.

### **5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten**

Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten ist eine mindestens mit „ausreichend“ bewertete Prüfungsleistung in beiden Studieneinheiten des Moduls. Diese werden in einer gemeinsamen Klausur (Dauer 120 min) im Prüfungszeitraum geprüft. Andere Prüfungsformen wie mündliche Prüfung, Seminararbeit oder Vortrag mit Verteidigung sind möglich. Die Prüfungsart wird vom Modulverantwortlichen vor Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben.

### **6. Leistungspunkte und Noten**

Die Modulnote entspricht dem arithmetischen Mittel der Prüfungsleistungen in den einzelnen Studieneinheiten. Mit der Modulnote werden 5 Leistungspunkte (ECTS) vergeben.

### **7. Häufigkeit des Angebots des Moduls**

Das Modul wird jährlich im Wintersemester angeboten.

### **8. Arbeitsaufwand (work load)**

Der Workload für dieses Modul ist mit 150 h bemessen; dies entspricht 5 ECTS-Credits. Diese Arbeitsbelastung ergibt sich aus dem Besuch der Vorlesung mit aktiver Teilnahme der Studierenden (ca. 45 h). Darüber hinaus ist im Rahmen des Selbststudiums der in der Vorlesung behandelte Stoff mit E-Learning-Unterstützung nachzubereiten (ca. 25 h); außerdem sind die in der Lehrveranstaltung vorgestellten Aufgabenblöcke zu lösen (ca. 25 h), sowie verschiedene Fallbeispiele auf Basis der in der Übung vorgestellten Literaturquellen selbstständig zu bearbeiten (ca. 25 h). Die Vorbereitung und Durchführung der schriftlichen Prüfung ist mit ca. 30 h bemessen.

### **9. Dauer des Moduls**

Das Modul wird innerhalb eines Semesters angeboten.

<b>Modul – Nr.</b>	<b>844</b>	<b>Pflicht</b>	
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Kleine Projektarbeit</b>		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Thomas Link		
Titel der Lehrveranstaltung(en)	Kleine Projektarbeit		
Prüfungsbezeichnung	Kleine Projektarbeit		
Fachsemester	1		
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Projektarbeit	deutsch
WS/ ECTS/ Workload	4 P	5	150
Formale Teilnahmebedingungen			

## 1. Inhalte und Qualifikationsziele

### Lehrinhalte:

Die Studierenden sollen im 1. Fachsemester eine Projektarbeit mit komplexer Aufgabenstellung absolvieren, die sich über das gesamte Semester erstreckt. Die ausgegebenen Themen sind vorzugsweise in aktuellen Forschungsprojekten angesiedelt. Die zu bearbeitenden Fragestellungen können theoretischer, experimenteller oder konstruktiver Natur sein.

Die Projektarbeit ist auf eine Laufzeit von 15 Wochen ausgelegt. Nach einer Woche ist von den Studierenden ein Projektplan zu erstellen. Zwischenergebnisse sind jeweils nach einem und zwei Monaten innerhalb eines Vortrags zu präsentieren. Die Projektarbeit schließt mit Vorlage einer schriftlichen Projektdokumentation.

### Lernziele:

Die Studierenden haben im Verlauf der über ein gesamtes Semester angelegten Projektarbeit erlernt, komplexe Aufgabenstellungen (Projektaufträge) zu gliedern, in sinnvolle Arbeitspakete zu zerlegen und diese in begrenzter Zeit zu bearbeiten. Zahlreiche Zwischengespräche (Meilensteintermine) mit den betreuenden Fachgebietsleitern helfen, die gestellte Aufgabe effizient und zielorientiert zu absolvieren.

Durch die Präsentation der Zwischenergebnisse sowie die abschließende Dokumentation sind die angehenden Absolventen auf zukünftige projektorientierte Tätigkeit in Wirtschaft oder Forschung vorbereitet.

## 2. Lehrformen

Projektarbeit

## 3. Voraussetzung für die Teilnahme

Es gibt keine formale Teilnahmevoraussetzung.

## 4. Verwendbarkeit des Moduls

Dieses Modul ist verpflichtender Bestandteil des Masterstudiengangs Energiesysteme.

## 5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten ist eine mindestens mit „ausreichend“ bewertete Prüfungsleistung.

## 6. Leistungspunkte und Noten

Die Note wird aus den Teilnoten der beiden Präsentationen (je 20%) und dem Abschlussbericht (60%) berechnet. In dem Modul werden Leistungspunkte und Noten getrennt ausgewiesen.

## 7. Häufigkeit des Angebots des Moduls

Das Modul wird jährlich im Sommersemester angeboten.

## 8. Arbeitsaufwand (work load)

Die Arbeitsbelastung besteht im Wesentlichen in der selbstständigen und eigenverantwortlichen Bearbeitung des Projekts (100 h), der Teilnahme an den Meilensteinbesprechungen (20 h) sowie in der Ausarbeitung von Abschlussbericht und Präsentation (30 h). Die gesamte Arbeitsbelastung umfasst 150 h; dies entspricht 5 ECTS credits.

## 9. Dauer des Moduls

Das Modul umfasst jeweils 1 Semester.

<b>Modul – Nr.</b>	<b>845</b>	<b>Pflicht</b>	
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Große Projektarbeit</b>		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Thomas Link		
Titel der Lehrveranstaltung(en)	Große Projektarbeit		
Prüfungsbezeichnung	Große Projektarbeit		
Fachsemester	2		
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Projektarbeit	deutsch
SWS/ ECTS/ Workload	8 P	10	300
Formale Teilnahmebedingungen			

## 1. Inhalte und Qualifikationsziele

### Lehrinhalte:

Die Studierenden sollen im 2. Fachsemester eine Projektarbeit mit komplexer Aufgabenstellung absolvieren, die sich über das gesamte Semester erstreckt. Die ausgegebenen Themen sind vorzugsweise in aktuellen Forschungsprojekten angesiedelt. Die zu bearbeitenden Fragestellungen können theoretischer, experimenteller oder konstruktiver Natur sein.

Die Projektarbeit ist auf eine Laufzeit von 15 Wochen ausgelegt. Nach einer Woche ist von den Studierenden ein Projektplan zu erstellen. Zwischenergebnisse sind jeweils nach einem und zwei Monaten innerhalb eines Vortrags zu präsentieren. Die Projektarbeit schließt mit Vorlage einer schriftlichen Projektdokumentation.

### Lernziele:

Die Studierenden haben im Verlauf der über ein gesamtes Semester angelegten Projektarbeit erlernt, komplexe Aufgabenstellungen (Projektaufträge) zu gliedern, in sinnvolle Arbeitspakete zu zerlegen und diese in begrenzter Zeit zu bearbeiten. Zahlreiche Zwischengespräche (Meilensteintermine) mit den betreuenden Fachgebietsleitern helfen, die gestellte Aufgabe effizient und zielorientiert zu absolvieren.

Durch die Präsentation der Zwischenergebnisse sowie die abschließende Dokumentation sind die angehenden Absolventen auf zukünftige projektorientierte Tätigkeit in Wirtschaft oder Forschung vorbereitet.

## 2. Lehrformen

Projektarbeit

## 3. Voraussetzung für die Teilnahme

Besuch der Veranstaltung Forschungs- und Entwicklungsmanagement ist empfohlen, aber keine formale Teilnahmevoraussetzung

## 4. Verwendbarkeit des Moduls

Dieses Modul ist verpflichtender Bestandteil des Masterstudiengangs Energiesysteme.

## 5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten ist eine mindestens mit „ausreichend“ bewertete Prüfungsleistung.

## 6. Leistungspunkte und Noten

Die Note wird aus den Teilnoten der beiden Präsentationen (je 20%) und dem Abschlussbericht (60%) berechnet. In dem Modul werden Leistungspunkte und Noten getrennt ausgewiesen.

## 7. Häufigkeit des Angebots des Moduls

Das Modul wird jährlich im Wintersemester angeboten.

## 8. Arbeitsaufwand (work load)

Die Arbeitsbelastung besteht im Wesentlichen in der selbstständigen und eigenverantwortlichen Bearbeitung des Projekts (200 h), der Teilnahme an den Meilensteinbesprechungen (40 h) sowie in der Ausarbeitung von Abschlussbericht und Präsentation (60 h). Die gesamte Arbeitsbelastung umfasst 300 h; dies entspricht 10 ECTS credits.

## 9. Dauer des Moduls

Das Modul umfasst jeweils 1 Semester.

<b>Modul – Nr.</b>	<b>846</b>	<b>Pflicht</b>	
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Technische Diagnose- und Energiemanagementsysteme</b>		
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Matthias Viehmann		
Titel der Lehrveranstaltung	Technische Diagnose- und Energiemanagementsysteme		
Prüfungsbezeichnung	Technische Diagnose- und Energiemanagementsysteme		
Fachsemester	2		
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Vorlesung	Deutsch
SWS/ ECTS/ Workload	4 V	5	150
Formale Teilnahmebedingungen	keine		

### 1. Inhalte und Qualifikationsziele

Folgende Schwerpunkte bilden den Inhalt der Veranstaltung:

#### Teil Technische Diagnosesysteme

- Begriffe und Grundstruktur
- Diagnoseverfahren
- Bestandteile von Diagnosesystemen
- Sensorik und Signalkonditionierung
- Signalübertragung
- Diagnosealgorithmen
- Diagnoseverwertung
- Ausgewählte Diagnosesysteme der Fahrzeugtechnik und der Energietechnik

#### Teil Technische Energiemanagementsysteme

- Begriffe, Definitionen, Abgrenzung von Administrativen Energiemanagementsystemen
- EMS in der Informationstechnik
  - Verlustleistungen in der Schaltungstechnik, Reduzierungsmaßnahmen
  - Power Management IC's
  - Prozessormanagement
  - Management in Betriebssystemen
  - Stand by von Geräten
- EMS in der Automatisierungstechnik
  - Managementmaßnahmen in Fertigungsanlagen
  - Management vernetzter Systeme
- EMS mit Power Management Classification PMC
  - Definitionen
  - Energiesystem
  - Diagnosesystem
  - Informationssystem
  - Energiemanagement, Struktur, Ebenen, Funktionsgruppen
  - Klassifizierungsbeispiele
- EMS in der regenerativen/dezentralen Energietechnik
  - Systembeispiele elektrisch und thermisch
  - Agentenbasiertes EMS
- EMS in der Automobiltechnik
  - Bordnetzmanagement
  - Thermisches Management
  - Elektromobilität
- Energy Harvesting
  - Überblick Generatoren und Speicher
  - Beispiel Thermogenerator
  - Management-Schaltkreise
  - Designbeispiele
- Smart Grid
  - Anliegen und Zielstellungen
  - Stand der Technik/Diskussionen
  - Smart Metering
  - Vision Integration Elektromobilität
- Ausblick

#### Lernziele:

Die Studierenden besitzen Wissen über technische Diagnosesysteme und angrenzende Gebiete. Sie kennen wesentliche Grundlagen sowie Applikationsbeispiele aus der Energietechnik und der Fahrzeugtechnik. Die Studierenden sind in der Lage, Diagnosesysteme für verschiedene Systemtypen zu konzipieren und zu nutzen. Sie kennen den Aufbau und die Funktionsweise von Energiemanagementsystemen.

<b>2. Lehrformen</b>
4 SWS Vorlesung
<b>3. Voraussetzung für die Teilnahme</b>
<p><u>Voraussetzungen</u>  Es bestehen keine formalen Voraussetzungen. Grundkenntnisse der Physik, Elektrotechnik, Informatik, Elektronik, Energietechnik, Messtechnik werden erwartet.</p> <p><u>Literaturempfehlungen (Auswahl)</u>  Diagnosesysteme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bantel, M.: Messgerätepraxis. Leipzig: Fachbuchverlag/Hanser, 2004</li> <li>• Bertsche, B.; Lechner, G.: Zuverlässigkeit im Fahrzeug- und Maschinenbau. 3. Auflage, Berlin u. a.: Springer, 2004</li> <li>• Felderhoff, R.; Freyer, U.: Elektrische und elektronische Messtechnik. 7. Auflage, München u. a.: Hanser Verlag, 2003</li> <li>• Herold, H.: Sensortechnik. Heidelberg: Hüthig, 1993</li> <li>• Lunze, J.: Automatisierungstechnik, Methoden für die Überwachung und Steuerung kontinuierlicher und ereignisdiskreter Systeme. München u. a.: Oldenbourg Verlag, 2008</li> <li>• Meyna, A.; Pauli, B.: Zuverlässigkeitstechnik, Quantitative Bewertungsverfahren. 2. Auflage, München u. a.: Hanser Verlag, 2010</li> <li>• Obermeier, E.; Tränkler H.-R.: Sensortechnik. Berlin u. a.: Springer, 1998</li> <li>• Schrüfer, E.: Elektrische Messtechnik. 8. Auflage, München u. a.: Hanser Verlag, 2004</li> <li>• Schweinzer, H.; Patzelt, R.: Elektrische Messtechnik, 2. Auflage. Wien, New York: Springer, 1996</li> <li>• Tränkler, H.-R.: Taschenbuch der Messtechnik. 3. Auflage, München u. a.: Oldenbourg Verlag, 1992</li> <li>• Viehmann, Matthias: Operationsverstärker – Grundlagen, Schaltungen, Anwendungen. Fachbuchverlag Leipzig/Hanser Verlag, 2016, ISBN 978-3-446-43053-2</li> </ul> <p>Energiemanagementsysteme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beck, H.-P. et al.: Handbuch Energiemanagement, Wirtschaft – Recht – Technik. Frankfurt/Main: EW Medien und Kongresse, Sammelband</li> <li>• Dembowski, K.: Energy Harvesting für die Mikroelektronik. Berlin, Offenbach: VDE Verlag, 2011</li> <li>• IEEE: Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), End-Use Applications and Loads. IEEE Std 2030™-2011, New York, 2011</li> <li>• VDE: Smart Energy 2020, vom Smart Metering zum Smart Grid. Frankfurt/Main, 2010</li> <li>• Viehmann, M.: Power Management Classification – Ordnungsprinzip für Energie-komponenten in Energiemanagementsystemen. atp edition 10/2010 (Automatisierungs-technische Praxis). München: Oldenbourg Industrieverlag</li> <li>• Weitere Hinweise in der Lehrveranstaltung</li> </ul>
<b>4. Verwendbarkeit des Moduls</b>
Das Modul ist Pflichtmodul in den Studiengängen Energiesysteme und Mechatronik. Darüber hinaus kann das Modul i.d.R. in allen anderen Studiengängen des Fachbereichs Ingenieurwissenschaften als Wahlpflichtangebot verwendet werden.
<b>5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten</b>
Voraussetzung für die Vergabe der Leistungspunkte ist das Bestehen der Prüfung in Form einer 90-minütigen Klausur. Die Klausur gilt als bestanden, wenn sie mit mindestens „ausreichend“ bewertet wurde.
<b>6. Leistungspunkte und Noten</b>
Die Note entspricht der Benotung der Klausur. Bei erfolgreichem Abschluss des Moduls werden 5 Leistungspunkte (ECTS) vergeben.
<b>7. Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>
jährlich im Wintersemester
<b>8. Arbeitsaufwand (work load)</b>
Der Arbeitsaufwand des Moduls setzt sich aus dem Besuch der Lehrveranstaltungen (45 h), der Vor- und Nachbereitung der Lehrinhalte (45 h) und der Prüfungsvorbereitung (60 h) zusammen.
Die gesamte Arbeitsbelastung umfasst 150 h, dies entspricht 5 ECTS.
<b>9. Dauer des Moduls</b>
1 Semester

<b>Modul – Nr.</b>	<b>847</b>		<b>Wahlpflicht</b>	
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Vertiefung Strömungslehre</b>			
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Thomas Link			
Titel der Lehrveranstaltung(en)	Vertiefung Strömungslehre			
Prüfungsbezeichnung	Vertiefung Strömungslehre			
Fachsemester	1			
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Vorlesungen, Übungen sowie Übungen am PC	deutsch	
SWS/ ECTS/ Workload	2 V / 2 P	5	150	
Formale Teilnahmebedingungen	-			

### 1. Inhalte und Qualifikationsziele

#### Inhalte:

1. Herleitung und Diskussion der Grundgleichungen strömender Flüssigkeiten und Gase in differentieller und integraler Form.
2. Behandlung ähnlicher Strömungen mit der Methode der Differentialgleichungen.
3. Grenzschichtgleichungen.
4. Einführung in die Turbulenzmodellierung.
5. Numerische Lösung von partiellen Differentialgleichungen mithilfe des Finite-Differenzen-Verfahrens

#### Lernziele:

Die Studierenden haben die notwendigen Grundlagen erlernt, um sich darauf aufbauend mit numerischer Strömungssimulation auseinanderzusetzen. Die Studierenden sind mit den Erhaltungs- und Bilanzgleichungen der Strömungsmechanik vertraut und können diese in unterschiedlichen Formulierungen angeben. Die Studierenden können mit Hilfe einer differentiellen Bilanzierung partielle Differentialgleichungen aufstellen und so Bilanz- oder Erhaltungsgleichungen herleiten.

Anhand des Finite-Differenzen-Verfahrens beherrschen sie die Grundlagen der numerischen Lösung von partiellen Differentialgleichungen. Die Studierenden können eigene Simulationsprogramme für die Wärmeleitungsgleichung (stationär, instationär, explizit, implizit) erarbeiten und für die verwendeten Verfahren Konvergenzbeweise führen und Stabilitätskriterien angeben.

#### Literaturhinweise:

- H. Schade, E. Kunz, Strömungslehre, de Gruyter, 1980.  
 B. R. Munson, et. al., Fundamentals of Fluid Mechanics, Wiley, 2006.  
 F. Durst, Grundlagen der Strömungsmechanik, Springer, 2006.  
 D. Marsal, Die numerische Lösung partieller Differentialgleichungen, B.-I.-Wissenschaftsverlag, 1976.

### 2. Lehrformen

Die Veranstaltung wird als Vorlesung angeboten in Kombination mit Übungen und praktischen Übungsstunden mit der Software MATLAB oder IJulia.

### 3. Voraussetzung für die Teilnahme

Es bestehen keine formalen Voraussetzungen. Kenntnisse und Fähigkeiten, wie sie in den Vorlesungen Strömungslehre I,II vermittelt werden, werden erwartet.

### 4. Verwendbarkeit des Moduls

Das Modul ist Wahlpflichtmodul im Studiengang Energiesysteme (M. Eng.).

### 5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten

Für die Studierenden wird eine Modulprüfung in Form einer Klausur (120 Min.) angeboten, die alle Lehrinhalte der Veranstaltung umfasst. Diese muss mit mindestens „ausreichend“ bestanden sein.

### 6. Leistungspunkte und Noten

Mit der Modulprüfung sind 5 Leistungspunkte (ECTS) verbunden.

### 7. Häufigkeit des Angebots des Moduls

Das Modul wird jährlich im Wintersemester angeboten

### 8. Arbeitsaufwand (work load)

Die Arbeitsbelastung besteht im Besuch der Vorlesung und aktiver Teilnahme an den integrierten PC-



Übungen (45 h), der Vor- und Nachbereitung des behandelten Stoffes (55 h) sowie der Vorbereitung der schriftlichen Prüfung (50 h).

Die gesamte Arbeitsbelastung umfasst demnach 150 h, dies entspricht 5 ECTS.

**9. Dauer des Moduls**

Das Modul wird in einem Semester angeboten.

<b>Modul – Nr.</b>	<b>849</b>	<b>Pflicht</b>
<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Abschlussmodul Energiesysteme</b>	
Modulverantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Thomas Link	
Titel der Lehrveranstaltung(en)	A. Masterarbeit (26 CP) B. Kolloquium (4 CP)	
Prüfungsbezeichnung	Masterarbeit	
Fachsemester	3	
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Deutsch
SWS/ ECTS/ Workload	-	30
Formale Teilnahmebedingungen	Zulassung zur Masterarbeit gemäß Prüfungsordnung	
<b>1. Inhalte und Qualifikationsziele</b>		
<b>Inhalte:</b>		
<p>Das Abschlussmodul (30 CP) dient dazu, die Fähigkeiten der Studierenden weiterzuentwickeln und zu bewerten. Hierzu ist eine wissenschaftliche und praxisrelevante Problemstellung auf dem Gebiet der Energiesysteme selbständig unter Anwendung des Theorie- und Methodenwissens der Ingenieurwissenschaften zu bearbeiten und gemäß wissenschaftlichen Standards zu dokumentieren.</p>		
<u>Masterarbeit (26 CP)</u>		
<p>Die Masterarbeit soll zeigen, dass der/die Studierende in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist von 20 Wochen eine Problemstellung aus seinem Fach selbständig und mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Das Thema der Masterarbeit ist eine ingenieurwissenschaftliche Fragestellung auf dem Gebiet der Energiesysteme. Dabei kann es sich um Fragestellungen der Forschung, Entwicklung, Projektierung oder Modellierung handeln.</p>		
<u>Masterkolloquium (4 CP)</u>		
<p>Das Masterkolloquium bildet den fachlichen Abschluss des Studiums. Im Rahmen des Masterkolloquiums erhält der/die Studierende die Gelegenheit, seine Masterarbeit in einem Vortrag vorzustellen und zu verteidigen. Inhalt des Kolloquiums sind Fragen zum Studium und zu dem Fachgebiet, dem die Masterarbeit entnommen ist. Die Dauer des Masterkolloquiums beträgt in der Regel 60 Minuten.</p>		
<b>Lernziele:</b>		
<p>Die Studierenden sind in der Lage, eine Problemstellung auf dem Gebiet der Energiesysteme selbständig unter Anwendung wissenschaftlicher Methoden der Ingenieurwissenschaften zu bearbeiten und gemäß wissenschaftlichen Standards zu dokumentieren</p>		
<p>In diesem Modul werden nicht nur fachliche Kompetenzen, sondern auch wesentliche Schlüsselkompetenzen (Projektarbeit, Selbständigkeit, Praxistransfer, Präsentationskompetenz) gefordert und deren Entwicklung gefördert.</p>		
<b>2. Lehrformen</b>		
Eigenständige wissenschaftliche Arbeit des/der Studierenden betreut durch den Erst- bzw. Zweitprüfer.		
<b>3. Voraussetzung für die Teilnahme</b>		
Zulassung zur Masterarbeit gemäß Prüfungsordnung.		
<b>4. Verwendbarkeit des Moduls</b>		
Das Modul ist ein Pflichtmodul im Studiengang Energiesysteme.		
<b>5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten</b>		
Eine mindestens mit „ausreichend“ bewertete Masterarbeit sowie ein mindestens mit „ausreichend“ bewertetes Kolloquium.		
<b>6. Leistungspunkte und Noten</b>		
In dem Modul werden Leistungspunkte und Noten getrennt ausgewiesen.		
<b>7. Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>		
Das Modul wird fortlaufend angeboten.		
<b>8. Arbeitsaufwand (work load)</b>		
Die gesamte Arbeitsbelastung umfasst 900 h, dies entspricht 30 CP.		
<b>9. Dauer des Moduls</b>		
Das Modul dauert 1 Semester.		

<b>Modul – Nr.</b>	<b>853</b>		<b>Wahlpflicht</b>	
<b>Bezeichnung</b>	<b>Simulation thermischer Energiesysteme</b>			
Verantwortlicher	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schabbach			
Titel der Lehrveranstaltung(en)	Simulation thermischer Energiesysteme			
Prüfungsbezeichnung	Simulation thermischer Energiesysteme			
Fachsemester	Wintersemester			
Art der Lehrveranstaltung	Sprache	Vorlesung / Übung		deutsch
SWS/ ECTS/ Workload	2 V / 2 Ü	5	150	
Formale Teilnahmebedingungen	Keine			
<b>1. Inhalte und Qualifikationsziele</b>				
<b>Inhalte:</b>				
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modellierung von Wärmetransportvorgängen mit RC-Ersatzschaltbildern</li> <li>2. Numerische Methoden zur Lösung von Differentialgleichungssystemen (EXCEL, ML SIMULINK, EES)</li> <li>3. Modellierung thermischer Komponenten (Solarkollektor, Speicher, Klimagerät, Wärmepumpe etc.), (EES)</li> <li>4. Erstellung von Kennlinienfeldern und Parameteridentifikation (MATLAB SIMULINK)</li> <li>5. Simulation von Prozessen (z.B. ORC-Geothermie-Kraftwerk) mit Sensitivitätsanalysen, und Optimierung</li> <li>6. Simulation von thermischen Energieversorgungssystemen, Jahresertragsberechnungen (MATLAB SIMULINK CARNOT)</li> </ol>				
<b>Lernziele:</b>				
<p>Die Studierenden haben nach erfolgreichem Abschluss des Moduls gelernt, Wärmetransportvorgänge und Zustandsänderungen von thermischen Komponenten zu analysieren und in physikalisch sinnvollen Modellen zu beschreiben. Sie sind in der Lage, die selbst erstellten Modellgleichungen mit numerischen Methoden zu lösen und die Modelle anhand von Messdaten zu validieren. Energieversorgungssysteme sind über Jahresertragsberechnungen nachbildbar. Sie beherrschen den Umgang mit EXCEL sowie den Ingenieursoftware-Produkten MATLAB SIMULINK CARNOT und mit EES.</p> <p>Die Studierenden können mit dem erlernten Wissen aus Messdaten, die aus experimentellen Untersuchungen thermischer Komponenten und Systeme gewonnen wurden, selbständig Modelle erstellen, parametrisieren und Simulationsuntersuchungen durchführen.</p>				
<b>2. Lehrformen</b>				
Vorlesung (4 SWS) mit integrierten Übungen				
<b>3. Voraussetzung für die Teilnahme</b>				
Es bestehen keine formalen Voraussetzungen für die Teilnahme. Gute Kenntnisse und Fähigkeiten in Thermodynamik und Wärmeübertragung sowie Grundkenntnisse in MATLAB sollten vorhanden sein.				
<b>Literaturempfehlungen:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bronstein, I.N., et.al.: Taschenbuch der Mathematik. Harri Deutsch, Frankfurt a.M. (2005)</li> <li>- EES- Manual, 2017</li> <li>- Matlab Simulink Manual, 2017, Carnot, Manual, 2017</li> </ul>				
<b>4. Verwendbarkeit der Studieneinheit</b>				
Die Studieneinheit ist Wahlpflichtmodul im Studiengang ES und kann i.d.R. auch in allen anderen Masterstudiengängen des Fachbereichs Ingenieurwissenschaften als Wahlpflichtangebot verwendet werden.				
<b>5. Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten</b>				
Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten ist das Bestehen der Prüfung in Form einer Klausur (120 min). Diese muss mit mindestens „ausreichend“ bestanden worden sein.				
<b>6. Leistungspunkte und Noten</b>				
Die Note entspricht der Benotung der Klausur. Bei erfolgreichem Abschluss der Studieneinheit werden 5 Leistungspunkte (ECTS) vergeben.				
<b>7. Häufigkeit des Angebots der Studieneinheit</b>				
Jährlich im Wintersemester				
<b>8. Arbeitsaufwand (work load)</b>				
Der Arbeitsaufwand besteht im Wesentlichen aus Teilnahme an den Vorlesungen und Übungen (45 h), Vor- und Nachbereitung der Vorlesungen und Übungen (60 h), Vorbereitung der und Teilnahme an der Klausur (45 h). Der gesamte Arbeitsaufwand beträgt 150 h, dies entspricht 5 ECTS.				
<b>9. Dauer des Studieneinheit</b>				
1 Semester				

## Master study course Renewable Energy Systems (M. Eng.)

<b>Module – No.</b>	<b>854</b>	<b>Mandatory module</b>	
<b>Module name</b>	<b>Bioenergy Systems I - Solid Biomass</b>		
Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Joachim Fischer		
Title	Bioenergy Systems I - Solid Biomass		
Title of examination	Bioenergy Systems I - Solid Biomass		
Semester	1		
Course type	Language	Lecture with excursion	English
SWS/ ECTS/ Workload	4 V	5	150
Requirements for attendance	Successfully completed technical study course (e.g. Bachelor of Engineering)		

<b>1. Content and objectives</b>			
<b>Objective</b>			
<p>The objective of this course is to understand state-of-the-art technologies for thermal biomass conversion. Based on the properties of different biofuels and the fundamentals of thermal conversion processes the course covers conversion processes as combustion, gasification, torrefaction and pyrolysis. Furthermore, emissions from thermal biomass conversion are addressed; methods for their reduction are explained. Additionally, economical aspects of solid biofuel systems are covered.</p>			
<b>Module content:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biomass for thermal processes: origins and properties</li> <li>- Fundamentals of thermal biomass conversion processes</li> <li>- Combustion of biomass: technologies</li> <li>- Gaseous and particulate emissions: formation processes and abatement technologies</li> <li>- Power generation from solid biomass, technologies and plant layout</li> <li>- Synthesis gas production: Biomass gasification</li> <li>- Mastering the tar problem in biomass synthesis gas</li> <li>- Pyrolysis and torrefaction: additional pathways for solid biomass conversion</li> <li>- Hydrothermal conversion processes</li> <li>- Economical aspects of thermal bioenergy conversion processes</li> </ul>			
On-line Lecture notes and training material will be available.			
<b>Recommended Literature:</b>			
John Love (Editor): Biofuels and Bioenergy , Wiley Blackwell 2017			
Andreas Hornung: Transformation of Biomass: Theory to Practice, Wiley, 2014			
<b>Learning goals:</b>			
<p>Students acquire competent knowledge in modern technologies of thermal biomass conversion. In addition to fundamental knowledge of the physical and chemical properties, students are familiar with the formation of gaseous emissions and particulate matter and their abatement. Students are enabled to recognize and evaluate the application and limitations of solid biomass technologies compared to conventional technologies and to draw appropriate conclusions considering technical and economic aspects.</p>			
<b>2. Method(s) of instruction</b>			
Lecture in combination with an excursion to a biomass- CHP - plant			
<b>3. Requirements for attendance</b>			
No course specific requirements			
<b>4. Usability of this module</b>			
The module is offered as mandatory course in the master study course „Renewable Energy Systems“ (M.Eng.)			
<b>5. Requirements for assessment</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participation in the the integrated excursion is mandatory</li> <li>- Assessment is performed either as written examination (90 minutes) or oral examination</li> <li>- Students need to pass the module examination, which encompasses all contents of the lecture.</li> </ul>			
<b>6. ECTS credits</b>			

- 5 ECTS credits
<b>7. Frequency of offer</b>
- Annually in the spring semester.
<b>8. Work load</b>
150 h of total work load, therefrom <ul style="list-style-type: none"> <li>- 80 h of presence at lectures</li> <li>- 40 h of self-study</li> <li>- 30 h preparation for examination</li> </ul>
<b>9. Duration of module</b>
1 semester

## Master study course Renewable Energy Systems (M. Eng.)

<b>Module – No.</b>	<b>856</b>	<b>Mandatory module</b>	
<b>Module name</b>	<b>Life Cycle Analysis of Renewable Energy Systems</b>		
Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Joachim Fischer		
Title	Life Cycle Analysis of Renewable Energy Systems		
Title of examination	Life Cycle Analysis of Renewable Energy Systems		
Semester	2		
Course type	Language	Lecture including exercises	English
SWS/ ECTS/ Workload	4 V	5	150
Requirements for attendance	Successfully completed technical study course (e.g. Bachelor of Engineering)		

<b>1. Content and objectives</b>
<p><b>Objective</b></p> <p>This lecture deals with the methodological basics and application of various environmental assessment tools in the field of renewable energy systems</p> <p><b>Module contents:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to Sustainability Concepts and Life Cycle Analysis</li> <li>- Methods: material flow analysis, risk assessment, carbon footprint and life cycle assessment</li> <li>- Risk and Life Cycle Framework for sustainable energy systems (Introduction, Risk, Environmental Risk Assessment)</li> <li>- Overview of LCA Methodology - Goal Definition, Life Cycle Inventory, Life Cycle Impact Assessment, Life Cycle Interpretation, LCA Software tools - UMBERTO)</li> <li>- Life Cycle Assessment – Detailed Methodology and ISO Framework</li> <li>- Life Cycle Inventory and Impact Assessments (Unit Processes and System Boundary, Data Quality, Procedure for Life Cycle Impact Assessment, LCIA in Practice with Examples, Interpretation of LCIA Results)</li> <li>- Case Studies</li> </ul> <p>On-line Lecture notes and training material will be made available.</p> <p><b>Recommended Literature:</b></p> <p>Michael Z. Hauschild, Ralph K. Rosenbaum, Stig Irving Olsen: Life Cycle Assessment: Theory and Practice, Cham: Springer International Publishing, 2018.</p> <p><b>Learning goals:</b></p> <p>After attending the lecture, students know environmental assessment tools, such as material flow analysis, risk assessment, and life cycle assessment. They can identify and apply the appropriate tool in a given situation. In addition, they are able to assess critically existing studies. They understand the general background of the methods as well as the basics of the corresponding tools. Furthermore, they also have knowledge on the limitations of the methods.</p>
<b>2. Method(s) of instruction</b>
Interactive lecture in combination with exercises, using the LCA software UMBERTO.
<b>3. Requirements for attendance</b>
No Course specific requirements
<b>4. Usability of this module</b>
The module is offered as mandatory course in the master study course „Renewable Energy Systems“ (M.Eng.) as well as elective course in the master course „Energiesysteme“ (M. Eng.).
<b>5. Requirements for assessment</b>
Assessment is performed either as written examination (90 minutes) or oral examination. Students need to pass the module examination, which encompasses all contents of the lecture.
<b>6. ECTS credits</b>
- 5 ECTS credits
<b>7. Frequency of offer</b>
- Annually in the autumn semester
<b>8. Work load</b>

150 h of total work load, therefrom

- 80 h of presence at lectures/exercises

- 40 h of self-study

- 30 h preparation for examination

**9. Duration of module**

1 semester

## Master study course Renewable Energy Systems (M. Eng.)

<b>Module – No.</b>	<b>863</b>	<b>Obligatory elective module</b>	
<b>Module name</b>	<b>Fuel cell technologies</b>		
Module coordinator	Prof. Dr.-Ing. Joachim Fischer		
Title	Fuel cell technologies		
Title of examination	Fuel cell technologies		
Semester	1		
Course type	Language	Lecture	English
SWS/ ECTS/ Workload	4 V	5	150
Requirements for attendance	Successfully completed technical study course (e.g. Bachelor of Engineering)		

<b>1. Content and objectives</b>			
<b>Objective</b>			
The objective of this course is to understand the electrochemical fundamentals of fuel cells and their operation, the differences between cells types and the design of fuel cell systems. Additionally, aspects of manufacturing fuel cells, their application and the economy of fuel cell systems are addressed.			
<b>Module contents:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to fuel cells, types of fuel cells and historical aspects</li> <li>- Electrochemistry basics; double layer phenomena, electrochemical equilibrium, reaction kinetics</li> <li>- Mass transport</li> <li>- Steady-state behaviour of fuel cells</li> <li>- Overview of fuel cell systems</li> <li>- Fuel processing; fuels, handling and production of hydrogen</li> <li>- Fuel Cell Characterization</li> <li>- Manufacturing of fuel cells</li> <li>- Fuel cell systems for combined heat and power generation and transport, application and economical aspects</li> <li>- Environmental Impact of Fuel Cells</li> </ul>			
On-line Lecture notes and training material will be available.			
<b>Recommended Literature:</b>			
Andrew Dicks, David A J Rand: Fuel Cell Systems Explained, Wiley, 2018			
Ryan O'Hayre,, Suk-Won Cha , Whitney Colella, Fritz B. Prinz :Fuel Cell Fundamentals Wiley, 2016			
<b>Learning goals:</b>			
Students have acquired competent knowledge in state of the art fuel cell technologies.			
In addition to fundamental knowledge of fuel cell systems, students are familiar with the design of fuel cell systems and their application in combined heat and power generation as well as in transportation, considering technical and economic aspects. Students are enabled to recognize and evaluate the application and limitations of of fuel cell systems compared to conventional technologies and to draw appropriate conclusions.			
<b>2. Method(s) of instruction</b>			
Lecture			
<b>3. Requirements for attendance</b>			
No formal requirements. Basic knowledge on thermodynamics, and chemistry is advantageous.			
<b>4. Usability of this module</b>			
The module is offered as elective course in the master study course „Renewable Energy Systems“ (M.Eng.) as well as elective course in the master course „Energiesysteme“ (M. Eng.).			
<b>5. Requirements for assessment</b>			
Assessment is performed either as written examination (90 minutes) or oral examination. Students need to pass the module examination, which encompasses all contents of the lecture.			
<b>6. ECTS credits</b>			
- 5 ECTS credits			
<b>7. Frequency of offer</b>			



- Annually in the spring semester
<b>8. Work load</b>
150 h of total work load, therefrom - 80 h of presence at lectures - 40 h of self-study - 30 h preparation for examination
<b>9. Duration of module</b>
1 semester