TUHH
Technische Universität Hamburg

# Modulhandbuch

Master of Science (M.Sc.)

# Regenerative Energien

Kohorte: Wintersemester 2021

Stand: 31. Mai 2023

# Inhaltsverzeichnis


Inhaltsverzeichnis 2
Studiengangsbeschreibung 3
Fachmodule der Kernqualifikation 5
Modul M0508: Strömungsmechanik und Meeresenergie 5
Modul M0523: Betrieb & Management 7
Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master 8
Modul M1294: Bioenergie 10
Modul M1235: Elektrische Energiesysteme I: Einführung in elektrische Energiesysteme 14
Modul M1303: Energieprojekte - Entwicklung und Bewertung 17
Modul M1309: Auslegung und Bewertung regenerativer Energiesysteme 21
Modul M0512: Solarenergienutzung 23
Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien 27
Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen 30
Modul M0511: Elektrische Energie aus Solarstrahlung und Windkraft 33
Modul M0742: Thermische Energiesysteme 36
Fachmodule der Vertiefung Bioenergiesysteme 38
Modul M1343: Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde 38
Modul M0518: Waste and Energy 40
Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering 42
Modul M0749: Abfallbehandlung und Feststoffverfahrenstechnik 46
Modul M1709: Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik 48
Modul M0902: Abwasserreinigung und Luftreinhaltung 50
Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik 52
Modul M1424: Integration Erneuerbarer Energien 54
Modul M1354: Advanced Fuels 58
Fachmodule der Vertiefung Solare Energiesysteme 60
Modul M1343: Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde 60
Modul M0643: Optoelectronics I - Wave Optics 62
Modul M0932: Prozessmesstechnik 64
Modul M1425: Leistungselektronik 66
Modul M1287: Risikomanagement, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 68
Modul M0515: Energieinformationssysteme und Elektromobilität 71
Modul M0540: Transport Processes 73
Modul M1710: Smart-Grid-Technologien 76
Modul M1424: Integration Erneuerbarer Energien 79
Modul M1354: Advanced Fuels 83
Fachmodule der Vertiefung Windenergiesysteme 85
Modul M1133: Hafenlogistik 85
Modul M0527: Marine Bodentechnik 87
Modul M1132: Maritimer Transport 89
Modul M1343: Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde 91
Modul M1287: Risikomanagement, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 93
Modul M1709: Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik 96
Modul M0515: Energieinformationssysteme und Elektromobilität 98
Modul M1710: Smart-Grid-Technologien 100
Modul M1424: Integration Erneuerbarer Energien 103
Modul M0528: Maritime Technik und Offshore-Windkraftparks 107
Modul M1354: Advanced Fuels 109
Thesis 111
Modul M-002: Masterarbeit 111

# Studiengangsbeschreibung

## Inhalt

In den letzten Jahrzehnten haben der Energieverbrauch und die damit verbundenen anthropogenen Umweltauswirkungen stetig zu- und die (gefühlte) Versorgungssicherheit zunehmend abgenommen. Und es ist zu erwarten, dass diese Entwicklung zukünftig weitergeht. Eine verstärkte Nutzung regenerativer Energien - und damit von Wasserkraft, Windenergie und Solarstrahlung sowie Biomasse und Geothermie - im Strom-, Wärme- und Kraftstoffmarkt kann zur Lösung dieser Herausforderungen wesentlich beitragen.

Mit Abschluss dieses Masters "Regenerative Energien" sind die Absolvent/innen befähigt, die Möglichkeiten und Grenzen einer Energiebereitstellung für den Wärme-, Strom- und Kraftstoffmarkt aus den regenerativen Energiequellen Sonne, Erdwärme sowie Planetengravitation und -bewegung zu erläutern und zu beurteilen - und das primär aus technischer, aber auch aus ökonomischer und ökologischer Sicht. Sie können über die physikalische und chemische Charakteristik des regenerativen Energieangebots einen Überblick geben, haben die grundlegenden technischen Nutzungsprinzipien verstanden und können die daraus resultierenden technischen und technologischen Anforderungen an die entsprechende Konversionsanlagentechnik einschätzen. Auch können die Absolvent/innen die anlagen- und systemtechnischen sowie die ökonomischen und ökologischen Grundlagen der einzelnen Optionen zur Nutzung des regenerativen Energieangebots bewerten. Sie haben einen Überblick über Aspekte der Einbindung von Anlagen und Systemen auf der Basis regenerativer Energien ins vorhandene Energiesystem - sowohl in Deutschland als auch im außereuropäischen Ausland. Außerdem können sie Fragen der Energiespeicherung und der Entwicklung regenerativer Energieprojekte mit Expert/innen diskutieren. Dieses Fachwissen und die damit in Verbindung stehenden Fertigkeiten befähigen die Absolvent/innen, auch zu aktuellen Themen der Energiewirtschaft fundiert und ideologiefrei Stellung zu beziehen. Durch dieses Masterstudium sind sie qualifiziert, Interessenten fachlich zu beraten oder eigenständig Fragestellungen und Ziele für neue anwendungs- oder forschungsorientierte Aufgaben zu formulieren.

Eine weitergehende fachliche Vertiefung innerhalb dieses Masters auf die regenerativen Energiesysteme Biomasse, Solar oder Wind ist möglich. Damit vermittelt der Studiengang umfassende Kenntnisse zu praktisch allen Optionen zur Nutzung des erneuerbaren Energieangebots, deren Nutzung im Energiesystem - unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Strukturen - und ausgewählter damit zusammenhängender technischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte.

## Berufliche Perspektiven

Ein erfolgreicher Abschluss des Master-Studienganges "Regenerative Energien" ermöglicht den Absolventinnen und Absolventen führende Positionen im ingenieurwissenschaftlichen Arbeitsmarkt. Typische Tätigkeitsfelder finden sich bei Energieversorgern, Planungsbüros, Projektentwicklern sowie bei Fachbehörden in der Erneuerbare-Energien-Industrie. Des Weiteren besteht die Möglichkeit der Aufnahme einer Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter mit dem Ziel einer Promotion.

## Lernziele

**Wissen**

- Die Absolventinnen und Absolventen können vertiefte mathematisch-ingenieurwissenschaftliche Kenntnisse wiedergeben und diese mit einem breiten theoretischen und methodischen Fundament untermauern.
- Die Absolventinnen und Absolventen können die Prinzipien, Methoden und Anwendungsgebiete der Vertiefungsrichtungen des Studiengangs Regenerative Energien im Detail erklären.
- Die Absolventinnen und Absolventen können die Grundlagen im Bereich Betrieb und Management und angrenzenden Fächern (z. B. Patentwesen) benennen und in Beziehung zu ihrem Fach setzen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können die Elemente wissenschaftlicher Arbeit und Forschung anführen und können einen Überblick über deren Anwendung im Bereich Regenerative Energien geben.

**Fertigkeiten**

- Die Absolventinnen und Absolventen beherrschen das theoriegeleitete Anwenden sehr anspruchsvoller Methoden und Verfahren ihrer Vertiefungsrichtung. Sie können komplexere Probleme geeignet zergliedern, Lösungsverfahren für die Teilprobleme anwenden und daraus eine in sich schlüssige und geschlossene Gesamtlösung erstellen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können für energietechnische Problemstellungen aus der Praxis unterschiedliche Lösungsansätze vorschlagen, bewerten, diskutieren und unter Beachtung außerfachlicher Randbedingungen (z. B. gesellschaftliche, ökonomische, ökologische) beurteilen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können interdisziplinäre Zusammenhänge einer energietechnischen / energiesystemischen Problemstellung erkennen, analysieren und in ihrer Bedeutung bewerten bzw. ihr Fachgebiet in einen interdisziplinären Zusammenhang bringen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können zukünftige Technologien und wissenschaftliche Entwicklungen untersuchen bzw. einschätzen und sind befähigt, eigenständig forschend tätig zu werden (Befähigung zur Promotion).

**Sozialkompetenz**

- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, Vorgehensweise und Ergebnisse ihrer Arbeit schriftlich und mündlich verständlich darzustellen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können über fortgeschrittene Inhalte und Probleme der Energietechnik - Schwerpunkt Regenerative Energien - mit Fachleuten und Laien kommunizieren. Sie können auf Nachfragen, Ergänzungen und Kommentare geeignet, umfassend und kompetent reagieren.
- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, in Gruppen unterschiedlicher Größe zu arbeiten. Sie können Teilaufgaben definieren, verteilen und integrieren. Sie können zeitliche Vereinbarungen treffen und sozial interagieren. Sie haben die Fähigkeit und Bereitschaft, Führungsverantwortung zu übernehmen

**Selbstständigkeit**

- Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, eigenständig die notwendigen Informationen aus unterschiedlichsten Quellen zu beschaffen und in den Kontext ihres Wissens zu setzen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können ihre vorhandenen Kompetenzen realistisch und im Kontext der praktischen Gegebenheiten einschätzen, Defizite selbstständig kompensieren und sinnvolle Erweiterungen eigenständig vornehmen.
- Die Absolventinnen und Absolventen können selbstorganisiert und -motiviert Forschungsgebiete erarbeiten und neue Problemstellungen finden bzw. definieren (lebenslanges Forschen).

## Studiengangsstruktur

Die fachlichen Inhalte des Masters gliedern sich innerhalb der folgenden Struktur wie folgt:

- Module der Kernqualifikation (zwölf Pflichtmodule, 72 LP):
  - energietechnische Grundlagen,
  - technische/systemische Grundlagen einzelner Optionen zur Nutzung regenerativer Energien,
  - Bewertung von Energieprojekten anhand technischer, ökonomischer, ökologischer, systemischer, legaler und weiterer Bewertungskriterien.
  - Nichttechnische Angebote im Master und Betrieb & Management.

- Fachmodule der Vertiefungsrichtungen (Wahlpflichtmodule im Umfang von 18 LP):
  - Bioenergiesysteme,
  - Solare Energiesysteme,
  - Windenergiesysteme.
- die Masterarbeit (30 LP).

Die Wahl einer Vertiefungsrichtung ist obligatorisch. Innerhalb einer Vertiefungsrichtung kann und muss im Rahmen der vorgeschriebenen Anzahl an Leistungspunkten aus einem Wahlpflichtkatalog ausgewählt werden.

Um trotz individueller Freiräume bei der Auswahl der Lehrveranstaltungen innerhalb der Vertiefungsrichtung ein ausgewogenes Verhältnis von formalen und praktischen Lehrinhalten im Theorie- und Anwendungsbereich des Curriculums zu gewährleisten, sind Veranstaltungen der Kernqualifikation für alle Studentinnen und Studenten verpflichtend.

Weitere Spielräume bei der individuellen Gestaltung des Studienplans und Verknüpfungsansätze von technischen und betriebswirtschaftlichen Wissen bieten die nichttechnischen Angebote und die Kurse im Bereich Betrieb & Management.

Den verbleibenden Teil des Curriculums macht die Masterarbeit mit einem Umfang von 30 LP aus.

## Fachmodule der Kernqualifikation

Innerhalb der Kernqualifikation des Masters "Regenerative Energien" erlangen die Studierenden Kenntnisse über die Möglichkeiten und Grenzen einer Energiebereitstellung aus den verschiedenen regenerativen Energiequellen für den Wärme-, Strom- und Kraftstoffmarkt.

Die Grundlage dafür bilden - aufbauend auf den Lehrveranstaltungen der konsekutiven Bachelorstudiengänge - weiterführende und anwendungsbezogene Lehrveranstaltungen im Bereich Elektrotechnik, Thermodynamik und Strömungsmechanik.

Den Grundlagen folgend werden die verschiedenen Nutzungsprinzipien des regenerativen Energieangebots und die daraus resultierenden Anforderungen an die entsprechende Konversionsanlagentechnik primär aus technischer Sicht vorgestellt. Vermittelte Kenntnisse werden nichtsdestotrotz auch in ökonomischen und ökologischen Bezug gebracht, um so die Einbindung von Anlagen und Systemen auf der Basis regenerativer Energien in vorhandene Energiesysteme - sowohl in Deutschland als auch im außereuropäischen Ausland - bewerten zu können. Auch werden in dem Zusammenhang Arten der Energiespeicherung vermittelt und diskutiert.

Innerhalb des Moduls "Projekte und ihre Bewertung" werden die nicht-technischen Gesichtspunkte zur Durchführung von Projekten insbesondere im Bereich der erneuerbaren Energien betrachtet, umso fachliche Grundlagen in der rechtlichen und energiewirtschaftlichen Umsetzung zu schaffen.

### Modul M0508: Strömungsmechanik und Meeresenergie

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Energie aus dem Meer (L0002) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Strömungsmechanik II (L0001) | Vorlesung | 2 | 4 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Michael Schlüter |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Mathematik I-III<br>Grundlagen der Strömungsmechanik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Studierende können verschiedene Anwendungen der Strömungsmechanik in der Vertiefungsrichtungsrichtung Regenerative Energien beschreiben. Sie können die Grundlagen der Strömungsmechanik der Anwendung in der Meeresenergie zuordnen und für konkrete Berechnungen abwandeln. Die Studierenden können einschätzen, welche strömungsmechanischen Probleme mit analytischen Lösungen berechnet werden können und welche alternativen Möglichkeiten (z.B. Selbstähnlichkeit, empirische Lösungen, numerische Methoden) zur Verfügung stehen. |
| *Fertigkeiten* | Studierende sind in der Lage, die Grundlagen der Strömungsmechanik auf technische Prozesse anzuwenden. Insbesondere können sie Impuls- und Massenbilanzen aufstellen, um damit technische Prozesse hydrodynamisch zu optimieren. Sie sind in der Lage, einen verbal geschilderten Zusammenhang in einen abstrakten Formalismus umzusetzen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können die vorgegebene Aufgabenstellungen in Kleingruppen diskutieren und einen gemeinsamen Lösungsweg erarbeiten. Sie sind in der Lage, eine Aufgabenstellung aus dem Fachgebiet im Team zu bearbeiten, die Ergebnisse in Form eines Posters darzustellen und im Rahmen einer Posterpräsentation zu präsentieren. |
| *Selbstständigkeit* | Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben für strömungsmechanische Problemstellungen zu definieren und sich das zur Lösung dieser Aufgaben notwendige Wissen, aufbauend auf dem vermittelten Wissen, selbst zu erarbeiten. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | **Verpflichtend** Ja; **Bonus** 10 %; **Art der Studienleistung** Gruppendiskussion; **Beschreibung** |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 3h |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0002: Energie aus dem Meer | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Moustafa Abdel-Maksoud |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung in die Umwandlung von Energie aus dem Meer<br>2. Welleneigenschaften<br>  ◦ Lineare Wellentheorie<br>  ◦ Nichtlineare Wellentheorie<br>  ◦ Irreguläre Wellen<br>  ◦ Wellenenergie<br>  ◦ Refraktion, Reflexion und Diffraktion von Wellen<br>3. Wellenkraftwerke<br>  ◦ Übersicht der verschiedenen Technologien<br>  ◦ Auslegungs- und Berechnungsverfahren<br>4. Meeresströmungskraftwerke |
| **Literatur** | • Cruz, J., Ocean wave energy, Springer Series in Green Energy and Technology, UK, 2008.<br>• Brooke, J., Wave energy conversion, Elsevier, 2003.<br>• McCormick, M.E., Ocean wave energy conversion, Courier Dover Publications, USA, 2013.<br>• Falnes, J., Ocean waves and oscillating systems, Cambridge University Press,UK, 2002.<br>• Charlier, R. H., Charles, W. F., Ocean energy. Tide and tidal Power. Berlin, Heidelberg, 2009.<br>• Clauss, G. F., Lehmann, E., Östergaard, C., Offshore Structures. Volume 1, Conceptual Design. Springer-Verlag, Berlin 1992 |

| Lehrveranstaltung L0001: Strömungsmechanik II | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 4 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Michael Schlüter |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Differenzialgleichungen zum Impuls-, Wärme- und Stoffaustausch<br>• Beispiele für Vereinfachungen der Navier-Stokes Gleichungen<br>• Instationärer Impulsaustausch<br>• Freie Scherschichten, Turbulenz und Freistrahl<br>• Partikelumströmungen – Feststoffverfahrenstechnik<br>• Kopplung Impuls- und Wärmetransport - Thermische VT<br>• Kopplung Impuls- und Wärmetransport - Thermische VT<br>• Rheologie – Bioverfahrenstechnik<br>• Kopplung Impuls- und Stofftransport – Reaktives Mischen, Chemische VT<br>• Strömung in porösen Medien – heterogene Katalyse<br>• Pumpen und Turbinen - Energie- und Umwelttechnik<br>• Wind- und Wellenkraftanlagen - Regenerative Energien<br>• Einführung in die numerische Strömungssimulation |
| **Literatur** | 1. Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971.<br>2. Brauer, H.; Mewes, D.: Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktion. Frankfurt: Sauerländer 1972.<br>3. Crowe, C. T.: Engineering fluid mechanics. Wiley, New York, 2009.<br>4. Durst, F.: Strömungsmechanik: Einführung in die Theorie der Strömungen von Fluiden. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006.<br>5. Fox, R.W.; et al.: Introduction to Fluid Mechanics. J. Wiley & Sons, 1994.<br>6. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Eine Einführung in die Physik und die mathematische Modellierung von Strömungen. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2006.<br>7. Herwig, H.: Strömungsmechanik: Einführung in die Physik von technischen Strömungen: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008.<br>8. Kuhlmann, H.C.: Strömungsmechanik. München, Pearson Studium, 2007<br>9. Oertl, H.: Strömungsmechanik: Grundlagen, Grundgleichungen, Lösungsmethoden, Softwarebeispiele. Vieweg+ Teubner / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.<br>10. Schade, H.; Kunz, E.: Strömungslehre. Verlag de Gruyter, Berlin, New York, 2007.<br>11. Truckenbrodt, E.: Fluidmechanik 1: Grundlagen und elementare Strömungsvorgänge dichtebeständiger Fluide. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008.<br>12. Schlichting, H. : Grenzschicht-Theorie. Springer-Verlag, Berlin, 2006.<br>13. van Dyke, M.: An Album of Fluid Motion. The Parabolic Press, Stanford California, 1882. |

## Modul M0523: Betrieb & Management

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Matthias Meyer |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Keine |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | • Die Studierenden sind in der Lage, ausgewählte betriebswirtschaftliche Spezialgebiete innerhalb der Betriebswirtschaftslehre zu verorten.<br>• Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Theorien, Kategorien und Modelle erklären.<br>• Die Studierenden können technisches und betriebswirtschaftliches Wissen miteinander in Beziehung setzen. |
| *Fertigkeiten* | • Die Studierenden können in ausgewählten betriebswirtschaftlichen Teilbereichen grundlegende Methoden anwenden.<br>• Die Studierenden können für praktische Fragestellungen in betriebswirtschaftlichen Teilbereichen Entscheidungsvorschläge begründen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | • Die Studierenden sind in der Lage, in interdisziplinären Kleingruppen zu kommunizieren und gemeinsam Lösungen für komplexe Problemstellungen zu erarbeiten. |
| *Selbstständigkeit* | • Die Studierenden sind in der Lage, sich notwendiges Wissen durch Recherchen und Aufbereitungen von Material selbstständig zu erschließen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen |
| **Leistungspunkte** | 6 |

| **Lehrveranstaltungen** |
|---|
| **Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.** |

## Modul M0524: Nichttechnische Angebote im Master

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Dagmar Richter |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Keine |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | **Die Nichttechnischen Angebote (NTA)**<br><br>vermittelt die in Hinblick auf das Ausbildungsprofil der TUHH nötigen Kompetenzen, die ingenieurwissenschaftliche Fachlehre fördern aber nicht abschließend behandeln kann: Eigenverantwortlichkeit, Selbstführung, Zusammenarbeit und fachliche wie personale Leitungsbefähigung der zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure. Er setzt diese Ausbildungsziele in seiner **Lehrarchitektur**, den **Lehr-Lern-Arrangements**, den **Lehrbereichen** und durch Lehrangebote um, in denen sich Studierende wahlweise für **spezifische Kompetenzen** und ein **Kompetenzniveau** auf Bachelor- oder Masterebene qualifizieren können. Die Lehrangebote sind jeweils in einem Modulkatalog Nichttechnische Ergänzungskurse zusammengefasst.<br><br>**Die Lehrarchitektur**<br><br>besteht aus einem studiengangübergreifenden Pflichtstudienangebot. Durch dieses zentral konzipierte Lehrangebot wird die Profilierung der TUHH Ausbildung auch im nichttechnischen Bereich gewährleistet.<br><br>Die Lernarchitektur erfordert und übt eigenverantwortliche Bildungsplanung in Hinblick auf den individuellen Kompetenzaufbau ein und stellt dazu Orientierungswissen zu thematischen Schwerpunkten von Veranstaltungen bereit.<br><br>Das über den gesamten Studienverlauf begleitend studierbare Angebot kann ggf. in ein-zwei Semestern studiert werden. Angesichts der bekannten, individuellen Anpassungsprobleme beim Übergang von Schule zu Hochschule in den ersten Semestern und um individuell geplante Auslandsemester zu fördern, wird jedoch von einer Studienfixierung in konkreten Fachsemestern abgesehen.<br><br>**Die Lehr-Lern-Arrangements**<br><br>sehen für Studierende - nach B.Sc. und M.Sc. getrennt - ein semester- und fachübergreifendes voneinander Lernen vor. Der Umgang mit Interdisziplinarität und einer Vielfalt von Lernständen in Veranstaltungen wird eingeübt - und in spezifischen Veranstaltungen gezielt gefördert.<br><br>**Die Lehrbereiche**<br><br>basieren auf Forschungsergebnissen aus den wissenschaftlichen Disziplinen Kulturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Kunst, Geschichtswissenschaften, Kommunikationswissenschaften, Migrationswissenschaften, Nachhaltigkeitsforschung und aus der Fachdidaktik der Ingenieurwissenschaften. Über alle Studiengänge hinweg besteht im Bachelorbereich zusätzlich ab Wintersemester 2014/15 das Angebot, gezielt Betriebswirtschaftliches und Gründungswissen aufzubauen. Das Lehrangebot wird durch soft skill und Fremdsprachkurse ergänzt. Hier werden insbesondere kommunikative Kompetenzen z.B. für Outgoing Engineers gezielt gefördert.<br><br>**Das Kompetenzniveau**<br><br>der Veranstaltungen in den Modulen der nichttechnischen Ergänzungskurse unterscheidet sich in Hinblick auf das zugrunde gelegte Ausbildungsziel: Diese Unterschiede spiegeln sich in den verwendeten Praxisbeispielen, in den - auf unterschiedliche berufliche Anwendungskontexte verweisende - Inhalten und im für M.Sc. stärker wissenschaftlich-theoretischen Abstraktionsniveau. Die Soft skills für Bachelor- und für Masterabsolventinnen/ Absolventen unterscheidet sich an Hand der im Berufsleben unterschiedlichen Positionen im Team und bei der Anleitung von Gruppen.<br><br>**Fachkompetenz (Wissen)**<br><br>Die Studierenden können<br><br>• ausgewähltes Spezialgebiete des jeweiligen nichttechnischen Bereiches erläutern,<br>• in den im Lehrbereich vertretenen Disziplinen grundlegende Theorien, Kategorien, Begrifflichkeiten, Modelle, Konzepte oder künstlerischen Techniken skizzieren,<br>• diese fremden Fachdisziplinen systematisch auf die eigene Disziplin beziehen, d.h. sowohl abgrenzen als auch Anschlüsse benennen,<br>• in Grundzügen skizzieren, inwiefern wissenschaftliche Disziplinen, Paradigmen, Modelle, Instrumente, Verfahrensweisen und Repräsentationsformen der Fachwissenschaften einer individuellen und soziokulturellen Interpretation und Historizität unterliegen,<br>• können Gegenstandsangemessen in einer Fremdsprache kommunizieren (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist). |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können in ausgewählten Teilbereichen<br><br>• grundlegende und teils auch spezielle Methoden der genannten Wissenschaftsdisziplinen anwenden.<br>• technische Phänomene, Modelle, Theorien usw. aus der Perspektive einer anderen, oben erwähnten Fachdisziplin befragen.<br>• einfache und teils auch fortgeschrittene Problemstellungen aus den behandelten Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich bearbeiten,<br>• bei praktischen Fragestellungen in Kontexten, die den technischen Sach- und Fachbezug übersteigen, ihre Entscheidungen zu Organisations- und Anwendungsformen der Technik begründen. |

| | |
|---|---|
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden sind fähig ,<br>• in unterschiedlichem Ausmaß kooperativ zu lernen<br>• eigene Aufgabenstellungen in den o.g. Bereichen in adressatengerechter Weise in einer Partner- oder Gruppensituation zu präsentieren und zu analysieren,<br>• nichttechnische Fragestellungen einer Zuhörerschaft mit technischem Hintergrund verständlich darzustellen<br>• sich landessprachlich kompetent, kulturell angemessen und geschlechtersensibel auszudrücken (sofern dies der gewählte Schwerpunkt im NTW-Bereich ist) |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden sind in ausgewählten Bereichen in der Lage,<br>• die eigene Profession und Professionalität im Kontext der lebensweltlichen Anwendungsgebiete zu reflektieren,<br>• sich selbst und die eigenen Lernprozesse zu organisieren,<br>• Fragestellungen vor einem breiten Bildungshorizont zu reflektieren und verantwortlich zu entscheiden,<br>• sich in Bezug auf ein nichttechnisches Sachthema mündlich oder schriftlich kompetent auszudrücken.<br>• sich als unternehmerisches Subjekt zu organisieren, (sofern dies ein gewählter Schwerpunkt im NTW-Bereich ist). |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Abhängig von der Wahl der Lehrveranstaltungen |
| **Leistungspunkte** | 6 |

| **Lehrveranstaltungen** |
|---|
| **Die Informationen zu den Lehrveranstaltungen entnehmen Sie dem separat veröffentlichten Modulhandbuch des Moduls.** |

## Modul M1294: Bioenergie

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Biokraftstoffverfahrenstechnik (L0061) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Biokraftstoffverfahrenstechnik (L0062) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Globale Märkte für land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe (L1769) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Thermische Biomassenutzung (L1767) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Thermische Biomassenutzung (L2386) | Laborpraktikum | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | keine |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können die Grundlagen der Energiegewinnung aus Biomasse, über aerobe und anaerobe Abfallbehandlungsverfahren, die dabei gewonnenen Produkte und die Behandlung der jeweils entstehenden Emissionen wiedergeben. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können das erlernte Wissen über biomasse-basierte Energiebereitstellungsanlagen anwenden, um für unterschiedliche Fragestellungen, beispielsweise bezüglich der Dimensionierung und Auslegung von Anlagen, die Zusammenhänge zu erläutern. In diesem Zusammenhang sind die Studierenden auch in der Lage Berechnungsaufgaben zur Verbrennung, Vergasung und Biogas-, Biodiesel- und Bioethanolnutzung zu lösen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung und Bewertung von Energiesystemen zur Biomassenutzung diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich zur Aufarbeitung der Vorlesungsschwerpunkte selbstständig Quellen über das Fachgebiet erschließen, Wissen auswählen und aneignen. Des Weiteren können die Studierenden, unter Hilfestellung der Lehrenden, eigenständig Berechnungen zu biomasse-nutzenden Energiesysteme erfüllen und so Ihren jeweiligen Lernstand einschätzen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte definieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 3 Stunden Klausur |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0061: Biokraftstoffverfahrenstechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Oliver Lüdtke |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Allgemeine Einleitung<br>• Was sind Biokraftstoffe?<br>• Märkte & Entwicklungen<br>• Gesetzliche Rahmenbedingungen<br>• Treibhausgaseinsparungen<br>• Generationen der Biokraftstoffe<br>  ◦ Bioethanol der ersten Generation<br>  ▪ Rohstoffe<br>  ▪ Fermentation<br>  ▪ Destillation<br>  ◦ Biobutanol / ETBE<br>  ◦ Bioethanol der zweiten Generation<br>  ▪ Bioethanol aus Stroh<br>  ◦ Biodiesel der ersten Generation<br>  ▪ Rohstoffe<br>  ▪ Produktionsprozess<br>  ▪ Biodiesel & Rohstoffe<br>  ◦ HVO / HEFA<br>  ◦ Biodiesel der zweiten Generation<br>  ▪ Biodiesel aus Algen<br>• Biogas als Kraftstoff<br>  ◦ Biogas der ersten Generation<br>  ▪ Rohstoffe<br>  ▪ Fermentation<br>  ▪ Reinigung zu Biomethan<br>  ◦ Biogas der zweiten Generation & Vergasungsverfahren<br>  ◦ Methanol / DME aus Holz und Tall oil© |
| **Literatur** | • Skriptum zur Vorlesung<br>• Drapcho, Nhuan, Walker; Biofuels Engineering Process Technology<br>• Harwardt; Systematic design of separations for processing of biorenewables<br>• Kaltschmitt; Hartmann; Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren<br>• Mousdale; Biofuels - Biotechnology, Chemistry and Sustainable Development<br>• VDI Wärmeatlas |

| Lehrveranstaltung L0062: Biokraftstoffverfahrenstechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Oliver Lüdtke |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • **Ökobilanzen**<br>  ◦ **Exemplarisches Beispiel zur Bewertung von CO2 Einsparungspotentialen durch alternative Kraftstoffe -- Wahl der Systemgrenzen und Datenbanken**<br>• **Bioethanolherstellung**<br>  ◦ **Anwendungsaufgabe in der die Grundlagen der thermischen Trennverfahren (Rektifikation, Extraktion) thematisiert werden. Dabei liegt der Fokus auf einer Kolonnenauslegung, inkl. Wärmebedarf, Stufenanzahl, Rücklaufverhältnis...**<br>• **Biodieselherstellung**<br>  ◦ **Verfahrenstechnische Optionen der Fest/Flüssigtrennung, inklusive Grundgleichungen zum Abschätzen von Leistung, Energiebedarf, Trennschärfe und Durchsatz**<br>• **Biomethanproduktion**<br>  ◦ **Chemische Reaktionen, die bei der Herstellung von Biokraftstoffen relevant sind, inklusive Gleichgewichte, Aktivierungsenergien, shift-Reaktionen** |
| **Literatur** | Skriptum zur Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L1769: Globale Märkte für land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Michael Köhl, Bernhard Chilla |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | 1) Markets for Agricultural Commodities<br>What are the major markets and how are markets functioning<br>Recent trends in world production and consumption.<br>World trade is growing fast. Logistics. Bottlenecks.<br>The major countries with surplus production<br>Growing net import requirements, primarily of China, India and many other countries.<br>Tariff and non-tariff market barriers. Government interferences.<br><br>2) Closer Analysis of Individual Markets<br>Thomas Mielke will analyze in more detail the global vegetable oil markets, primarily palm oil, soya oil, rapeseed oil, sunflower oil. Also the raw material (the oilseed) as well as the by-product (oilmeal) will be included. The major producers and consumers.<br>Vegetable oils and oilmeals are extracted from the oilseed. The importance of vegetable oils and animal fats will be highlighted, primarily in the food industry in Europe and worldwide. But in the past 15 years there have also been rapidly rising global requirements of oils & fats for non-food purposes, primarily as a feedstock for biodiesel but also in the chemical industry.<br>Importance of oilmeals as an animal feed for the production of livestock and aquaculture<br>Oilseed area, yields per hectare as well as production of oilseeds. Analysis of the major oilseeds worldwide. The focus will be on soybeans, rapeseed, sunflowerseed, groundnuts and cottonseed.<br>Regional differences in productivity. The winners and losers in global agricultural production.<br><br>3) Forecasts: Future Global Demand & Production of Vegetable Oils<br>Big challenges in the years ahead: Lack of arable land for the production of oilseeds, grains and other crops. Competition with livestock. Lack of water. What are possible solutions? Need for better education & management, more mechanization, better seed varieties and better inputs to raise yields.<br>The importance of prices and changes in relative prices to solve market imbalances (shortage situations as well as surplus situations). How does it work? Time lags.<br>Rapidly rising population, primarily the number of people considered “middle class” in the years ahead.<br>Higher disposable income will trigger changing diets in favour of vegetable oils and livestock products.<br>Urbanization. Today, food consumption per caput is partly still very low in many developing countries, primarily in Africa, some regions of Asia and in Central America. What changes are to be expected?<br>The myth and the realities of palm oil in the world of today and tomorrow.<br>Labour issues curb production growth: Some examples: 1) Shortage of labour in oil palm plantations in Malaysia. 2) Structural reforms overdue for the agriculture in India, China and other countries to become more productive and successful, thus improving the standard of living of smallholders. |
| **Literatur** | Lecture material |

| Lehrveranstaltung L1767: Thermische Biomassenutzung | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Ziel dieses Kurses ist es, die physikalischen, chemischen und biologischen als auch die technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Grundlagen aller Optionen der Energieerzeugung aus Biomasse aus deutscher und internationaler Sicht zu diskutieren. Zusätzlich unterschiedlichen Systemansätze zur Nutzung von Biomasse für die Energieerzeugung, Aspekte der Bioenergie im Energiesystem zu integrieren, technische und wirtschaftliche Entwicklungspotenziale und die aktuelle und erwartete zukünftige Verwendung innerhalb des Energiesystems vorgestellt.<br>Der Kurs ist wie folgt aufgebaut:<br>• Biomasse als Energieträger im Energiesystem, die Nutzung von Biomasse in Deutschland und weltweit, Übersicht über den Inhalt des Kurses<br>• Photosynthese , die Zusammensetzung der organischen Stoffe , Pflanzenproduktion , Energiepflanzen , Reststoffen, organischen Abfällen<br>• Biomasse Bereitstellung Ketten für holzige und krautige Biomasse , Ernte und Bereitstellung , Transport, Lagerung, Trocknung<br>- Thermo - chemische Umwandlung von biogenen Festbrennstoffen<br>  ◦ Grundlagen der thermo- chemischen Umwandlung<br>  ◦ Direkte thermo- chemische Umwandlung durch Verbrennung: Verbrennungstechnologien für kleine und Großanlagen , Strom- Erzeugungstechnologien , Abgasbehandlungstechnologien, Asche und ihre Verwendun<br>  ◦ Vergasung: Vergasungstechnologien, Gasreinigungstechnologien, Optionen zur Nutzung des gereinigten Gases für die Bereitstellung von Wärme, Strom und/oder Brennstoffe<br>  ◦ Schnelle und langsame Pyrolyse : Technologien für die Bereitstellung von Bio-Öl und / oder für die Bereitstellung von Kohle -, Öl- Reinigungstechnologien , Optionen um die Pyrolyse- Öl und Kohle als Energieträger als auch als Rohstoff verwenden<br>• Physikalisch-chemische Umwandlung von Biomasse , die Öle und / oder Fette : Grundlagen , Ölsaaten und Ölfrüchte, Pflanzenölproduktion , die Produktion von Biokraftstoff mit standardisierten Merkmalen ( Umesterung , Hydrierung, Co-Processing in bestehenden Raffinerien) , Optionen der Nutzung dieser Kraftstoffe, Optionen zur Verwendung der Rückstände (d.h. Mehl, Glycerin)<br>  ◦ Bio-chemische Umwandlung von Biomasse<br>  ◦ Grundlagen der bio-chemische Umwandlung<br>  ◦ Biogas: Prozess- Technologien für Anlagen mit landwirtschaftlichen Rohstoffen , Klärschlamm ( Klärgas ), organische Abfallfraktion (Deponiegas ) , Technologien für die Bereitstellung von Biomethan , die Verwendung des aufgeschlossenen Schlamm<br>  ◦ Ethanol-Produktion: Prozesstechnologien für Einsatzmaterial, Zucker, Stärke oder Cellulose , die Verwendung von Ethanol als Kraftstoff, Verwendung der Schlempe |
| **Literatur** | **Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 2. Auflage** |

| Lehrveranstaltung L2386: Thermische Biomassenutzung | |
|---|---|
| **Typ** | Laborpraktikum |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Kaltschmitt, Dr. Isabel Höfer |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Die Versuche des Praktikums verdeutlichen die unterschiedlichen Aspekte der Wärmegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen. Dazu werden zunächst unterschiedliche Biomassen (wie z.B. Holz, Stroh oder landwirtschaftliche Reststoffe) untersucht; hierbei liegt der Schwerpunkt auf dem Heiz- und Brennwert der Biomasse. Weiterhin wird die verwendete Biomasse pelletiert, die Pelleteigenschaften analysiert und ein Verbrennungsversuch an einer Pellet-Einzelraumfeuerung durchgeführt. Dabei werden die gasförmigen und festen Schadstoffemissionen, besonders der entstehende Feinstaub, gemessen und in einem weiteren Versuch die Zusammensetzung des Feinstaubes untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt des Praktikums liegt auf der Betrachtung von Optionen zur Reduzierung des Feinstaubes aus der Biomasseverbrennung. Im Praktikum wird eine Methode zur Feinstaubreduzierung erarbeitet und getestet. Alle Versuche werden ausgewertet und die Ergebnisse vorgestellt.<br><br>Innerhalb des Laborpraktikums diskutieren die Studierenden verschiedene technischwissenschaftliche Aufgabenstellungen, sowohl fachspezifisch und fachübergreifend. Sie<br>sprechen verschiedene Lösungsansätze der Aufgabenstellung durch und beraten über die theoretische oder praktische Umsetzung. |
| **Literatur** | - Kaltschmitt, Martin; Hartmann, Hans; Hofbauer, Hermann: Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 3. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Science & Business Media, 2016. -ISBN 978-3-662-47437-2<br>- Versuchsskript |

## Modul M1235: Elektrische Energiesysteme I: Einführung in elektrische Energiesysteme

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Elektrische Energiesysteme I: Einführung in elektrische Energiesysteme (L1670) | Vorlesung | 3 | 4 |
| Elektrische Energiesysteme I: Einführung in elektrische Energiesysteme (L1671) | Gruppenübung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Christian Becker |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Elektrotechnik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können einen Überblick über die konventionelle und moderne elektrische Energietechnik geben. Technologien der elektrischen Energieerzeugung, -übertragung, -speicherung und -verteilung sowie Integration von Betriebsmitteln können detailliert erläutert und kritisch bewertet werden. |
| *Fertigkeiten* | Mit Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, das erlernte Fachwissen in Aufgabenstellungen zur Auslegung, Integration oder Entwicklung elektrischer Energiesysteme angemessen anzuwenden und die Ergebnisse einzuschätzen und zu beurteilen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können fachspezifische und fachübergreifende Diskussionen führen, Ideen weiterentwicklen und ihre eigenen Arbeitsergebnissen vor anderen vertreten. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesung erschließen und das darin enthaltene Wissen aneignen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 90 - 150 Minuten |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Elektrotechnik: Wahlpflicht<br>Allgemeine Ingenieurwissenschaften (7 Semester): Vertiefung Green Technologies, Schwerpunkt Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Data Science: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Elektrotechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Energie- und Umwelttechnik: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht<br>General Engineering Science (7 Semester): Vertiefung Elektrotechnik: Wahlpflicht<br>Green Technologies: Energie, Wasser, Klima: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Informatik-Ingenieurwesen: Vertiefung II. Mathematik & Ingenieurwissenschaften: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L1670: Elektrische Energiesysteme I: Einführung in elektrische Energiesysteme | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 3 |
| **LP** | 4 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42 |
| **Dozenten** | Prof. Christian Becker |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Aufbau und Entwicklungstendenzen der elektrischen Energieversorgung<br>• Aufgaben und historische Entwicklung<br>• symmetrische Drehstromsysteme<br>• Grundlagen und Modellierung von Netzen<br>  ◦ Leitungen<br>  ◦ Transformatoren<br>  ◦ Synchronmaschinen<br>  ◦ Asynchronmaschinen<br>  ◦ Lasten und Kompensation<br>  ◦ Netzaufbau und Schaltanlagen<br>• Grundlagen der Energieumwandlung<br>  ◦ Elektromechanische Energiewandlung<br>  ◦ Thermodynamische Grundlagen<br>  ◦ Kraftwerkstechnik<br>  ◦ Regenerative Energieumwandlung<br>• Netzberechnung<br>  ◦ Netzmodellierung<br>  ◦ Lastflussrechnung<br>  ◦ Ausfallkriterium<br>• Symmetrische Kurzschlussberechnung, Kurzschlussleistung<br>• Netz- und Kraftwerksregelung<br>• Netzschutz<br>• Grundlagen der Netzplanung<br>• Grundlagen der elektrischen Energiewirtschaft und -märkte |
| **Literatur** | K. Heuck, K.-D. Dettmann, D. Schulz: "Elektrische Energieversorgung", Vieweg + Teubner, 9. Auflage, 2013<br><br>A. J. Schwab: "Elektroenergiesysteme", Springer, 5. Auflage, 2017<br><br>R. Flosdorff: "Elektrische Energieverteilung" Vieweg + Teubner, 9. Auflage, 2008 |

| Lehrveranstaltung L1671: Elektrische Energiesysteme I: Einführung in elektrische Energiesysteme | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Christian Becker |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Aufbau und Entwicklungstendenzen der elektrischen Energieversorgung<br>• Aufgaben und historische Entwicklung<br>• symmetrische Drehstromsysteme<br>• Grundlagen und Modellierung von Netzen<br>  ◦ Leitungen<br>  ◦ Transformatoren<br>  ◦ Synchronmaschinen<br>  ◦ Asynchronmaschinen<br>  ◦ Lasten und Kompensation<br>  ◦ Netzaufbau und Schaltanlagen<br>• Grundlagen der Energieumwandlung<br>  ◦ Elektromechanische Energiewandlung<br>  ◦ Thermodynamische Grundlagen<br>  ◦ Kraftwerkstechnik<br>  ◦ Regenerative Energieumwandlung<br>• Netzberechnung<br>  ◦ Netzmodellierung<br>  ◦ Lastflussrechnung<br>  ◦ Ausfallkriterium<br>• Symmetrische Kurzschlussberechnung, Kurzschlussleistung<br>• Netz- und Kraftwerksregelung<br>• Netzschutz<br>• Grundlagen der Netzplanung<br>• Grundlagen der elektrischen Energiewirtschaft und -märkte |
| **Literatur** | K. Heuck, K.-D. Dettmann, D. Schulz: "Elektrische Energieversorgung", Vieweg + Teubner, 9. Auflage, 2013<br><br>A. J. Schwab: "Elektroenergiesysteme", Springer, 5. Auflage, 2017<br><br>R. Flosdorff: "Elektrische Energieverteilung" Vieweg + Teubner, 9. Auflage, 2008 |

## Modul M1303: Energieprojekte - Entwicklung und Bewertung

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Entwicklung regenerativer Energieprojekte (L0003) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Regenerative Energieprojekte in neuen Märkten (L0014) | Projektseminar | 2 | 2 |
| Wirtschaftlichkeit einer regenerativen Energiebereitstellung (L0005) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Wirtschaftlichkeit einer regenerativen Energiebereitstellung (L0006) | Projektseminar | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Umweltbewertung |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden die Vorgehensweise der Planung und Entwicklung von Projekten zur Nutzung regenerativer Energien beschreiben und auch die gesonderte Beachtung der wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekte dabei erläutern.<br><br>Die Lehrinhalte der einzelnen Themenschwerpunkte des Moduls werden anwendungsbezogen vermittelt; die Studierenden können diese somit u.a. in Berufszweigen der Beratung oder Betreuung von Energieprojekten auf unterschiedliche Fragestellungen anwenden. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten theoretischen Grundlagen zur Vorgehensweise bei der Entwicklung erneuerbarer Energieprojekte auf beispielhafte Energieprojekte anwenden und die sich ergebenden Zusammenhänge unter besonderer Berücksichtigung der wirtschaftlichen und rechtlichen Voraussetzungen fachlich und konzeptionell einschätzen und beurteilen.<br><br>Sie können als Basis zur Auslegung erneuerbarer Energiesysteme die Nachfrage nach thermischer und/oder elektrischer Energie auf betrieblicher und regionaler Ebene analysieren und dem folgend mögliche Energiesysteme auswählen und dimensionieren.<br><br>Zur Bewertung der Nachhaltigkeitsaspekte von erneuerbaren Energieprojekten können die Studierenden in diesem Zusammenhang die richtige Methodik in Abhängigkeit der Fragestellung auswählen, diskutieren und kritisch Stellung dazu beziehen.<br><br>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Seminare und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Energieprojekte in einer personenstarken Gruppe bearbeiten und zeitlich und fachlich organisieren. Sie können fachspezifische und fachübergreifende Diskussionen führen und dem folgend die Leistung der Kommilitonen einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage ihre Gruppenergebnisse von anderen zu vertreten. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich zur Aufarbeitung der Vorlesungsinhalte und zur Lösung der Aufgaben zur wirtschaftlichen Einschätzung erneuerbarer Energieprojekte selbstständig Quellen über das jeweilige Fachgebiet erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Auf dieser Basis sind sie in der Lage eigenständig Berechnungsmethoden zur Lösung der Aufgaben zur wirtschaftlichen Einschätzung erneuerbarer Energieprojekte zu erfüllen und veranstaltungsübergreifende Zusammenhänge zu erkennen. Durch die durch Lehrende angeleitete Berechnungen können die Studierenden eigenständig Ihren Wissenstand erkennen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 2 Stunden Klausur + Projektseminarausarbeitung |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0003: Entwicklung regenerativer Energieprojekte | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Entwicklung von regenerativen Energieprojekten: von der Analyse der Gegebenheiten vor Ort bis zum fertigen Energieprojekt: welche Stufen müssen durchlaufen werden, um ein erfolgreiches regeneratives Energieprojekt zu realisieren und welche Einflussgrößen müssen beachtet werden<br>• Erhebung der Energienachfrage; Methoden zur Erhebung der Nachfrage nach thermischer und/oder elektrischer Energie auf betrieblicher und regionaler Ebene bis hin zu Erarbeitung eines Energiemasterplans.<br>• Systemtechnik regenerativer Energien: wie passen die einzelnen Optionen zur Nutzung regenerativer Energien vor dem Hintergrund einer bestimmten zur deckenden Versorgungsaufgabe am besten zusammen? Wie können unter bestimmten Bedingungen ideale Kombinationen aussehen?<br>• Machbarkeitsstudie; Anforderungen an und Inhalte in einer Machbarkeitsstudie<br>• Gesetzlicher Rahmen zur Anlagenerrichtung; Darstellung der Genehmigungsrechte einschließlich der gesamten formalen Vorgehensweise bei den unterschiedlichen Genehmigungsverfahren im Rahmen der BImSch-Gesetzgebung; weitergehende gesetzliche Vorgaben (u. a. Baurecht, Wasserecht, Lärm etc.)<br>• Gesellschaftsformen; welche Gesellschaftsformen bieten sich für welchen Anwendungsfall am besten an? Wo liegen die Vor- und Nachteile?<br>• Risikomanagement; wie können die Risiken von regenerativen Energieprojekten am besten bestimmt werden? Wie kann eine Risikominimierung sichergestellt werden?<br>• Versicherungen; welche Versicherungen gibt es? Wofür braucht man Versicherungen? Welche Voraussetzungen müssen erfüllt werden, um bestimmte Versicherungen für bestimmte regenerative Energieprojekte zu bekommen für die Bau- und Betriebsphase?<br>• Akzeptanz; wie kann die Akzeptanz für eine Anlage zur Nutzung regenerativer Energien vor Ort bewertet und verbessert werden? Wie kann sie gemessen werden?<br>• Organisation der Realisierung eines Projektes; wie wird der Bau einer Anlage zur Nutzung regenerativer Energien nach Abschluss der Planung organisiert?<br>• Abnahme; Welche Abnahmestufen werden durchlaufen bis zum regulären Dauerbetrieb (VOB-Abnahme, sicherheitstechnische Abnahme, Abnahme durch Genehmigungsbehörde)<br>• Beispiele; gute und weniger gute Beispiele einer Projektentwicklung |
| **Literatur** | • Script zur Vorlesung mit Literaturhinweisen |

| **Lehrveranstaltung L0014: Regenerative Energieprojekte in neuen Märkten** | |
|---|---|
| **Typ** | Projektseminar |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Andreas Wiese |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung<br>  ∘ Entwicklung der erneuerbaren Energien weltweit<br>  ▪ Historie<br>  ▪ Zukünftige Märkte<br>  ∘ Besondere Herausforderungen in neuen Märkten - Übersicht<br>2. Beispielprojekt Windpark Korea<br>  ∘ Übersicht<br>  ∘ Technische Beschreibung<br>  ∘ Projektphasen und Besonderheiten<br>3. Förder- und Finanzierungsinstrumente für EE Projekten in neuen Märkten<br>  ∘ Übersicht Fördermöglichkeiten<br>  ∘ Übersicht Länder mit Einspeisegesetzen<br>  ∘ Wichtige Finanzierungsprogramme<br>4. CDM Projekte - Warum, wie, Beispiele<br>  ∘ Übersicht CDM Prozess<br>  ∘ Beispiele<br>  ∘ Übungsaufgabe CDM<br>5. Ländliche Elektrifizierung und Hybridsysteme - ein wichtiger Zukunftsmarkt für EE<br>  ∘ Ländliche Elektrifizierung - Einführung<br>  ∘ Typen von Elektrizifierungsprojekten<br>  ∘ Die Rolle der EE<br>  ∘ Auslegung von Hybridsystemen<br>  ∘ Projektbeispiel: Hybridsystem Galapagos Inseln<br>6. Ausschreibungsverfahren für EE Projekte - Beispiele<br>  ∘ Südafrika<br>  ∘ Brasilien<br>7. Ausgewählte Projektbeispiele aus der Sicht einer Entwicklungsbank - Wesley Urena Vargas, KfW Entwicklungsbank<br>  ∘ Geothermie<br>  ∘ Wind oder CSP<br><br>Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Themenschwerpunkte aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt. |
| **Literatur** | Folien der Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L0005: Wirtschaftlichkeit einer regenerativen Energiebereitstellung | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Andreas Wiese |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Einführung: Definitionen; Bedeutung der Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung für Projekte im Bereich "Regenerative Energien"; Preise und Kosten; Wirtschaftlichkeit von Energiesystemen versus Wirtschaftlichkeit von einzelnen Projekten<br>• Kostenschätzungen und Kostenberechnungen<br>  ◦ Definitionen,<br>  ◦ Kostenberechnung,<br>  ◦ Kostenschätzung,<br>  ◦ Berechnung von Kosten für Bereitstellung von Arbeit und Leistung,<br>  ◦ Kostenübersichten für regenerative Energietechnologien,<br>  ◦ Speicher: Kostenübersichten; Einfluss auf die Kosten erneuerbarer Energieprojekte<br>• Wirtschaftlichkeitsrechnung<br>  ◦ Definitionen,<br>  ◦ Methoden: statische Verfahren, dynamische Verfahren (z. B. LCOE (levelised cost of electricity)),<br>  ◦ Betriebswirtschaftliche versus volkwirtschaftliche Betrachtung,<br>  ◦ Leistung und Arbeit bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung,<br>  ◦ Speicher und ihr Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsrechnung<br>• Der Due Diligence Prozess als Begleiter der Wirtschaftlichkeitsanalyse<br>• Berücksichtigung von Unsicherheiten bei Projekten zur Nutzung erneuerbarer Energien<br>  ◦ Definitionen,<br>  ◦ Technische Unsicherheiten,<br>  ◦ Kostenunsicherheiten,<br>  ◦ Sonstige Unsicherheiten<br>• Projektfinanzierung<br>  ◦ Definitionen,<br>  ◦ Projekt- versus Unternehmensfinanzierung,<br>  ◦ Finanzierungsmodelle,<br>  ◦ Eigenkapitalquote, DSCR,<br>  ◦ Behandlung von Risiken in der Projektfinanzierung<br>• Fördermöglichkeiten für erneuerbare Energieprojekte<br>  ◦ Mögliche Förderansätze,<br>  ◦ Gesetzliche Vorgaben in Deutschland (EEG),<br>  ◦ Emissionshandel und Emissionszertifikate |
| **Literatur** | Script der Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L0006: Wirtschaftlichkeit einer regenerativen Energiebereitstellung | |
|---|---|
| **Typ** | Projektseminar |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Andreas Wiese |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Berechnung von Aufgaben zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines erneuerbaren Energieprojektes, mit dem Ziel die komplexe Kenntn Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Marktanalyse zu vertiefen. Bearbeitung erfolgt sowohl einzeln als auch in kleineren Gruppen. Folgende Themen behandelt:<br>• Stat. und dyn. Wirtschaftlichkeitsberechnung<br>• Kostenschätzung plus stat. und dyn. Wirtschaftlichkeitsberechnung<br>• Sensitivitätsanalyse<br>• Kuppelproduktion<br>• Grid Parity Berechnung<br>Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt. |
| **Literatur** | Skript der Vorlesung |

## Modul M1309: Auslegung und Bewertung regenerativer Energiesysteme

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Erneuerbare Energien im Energiesystem (L0137) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 2 | 2 |
| Stromerzeugung aus regenerativen Energien (L0046) | Seminar | 2 | 2 |
| Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien (L0045) | Seminar | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | keine |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können aktuellen Frage- und Problemstellungen aus dem Gebiet der regenerativen Energien beschreiben und Aspekte in Bezug zur Bereitstellung von Wärme oder Strom durch unterschiedliche Erneuerbare Energien Technologien erklären, erläutern und technisch, ökonomisch und ökologisch bewerten. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden sind in der Lage zur Lösung wissenschaftlicher Probleme im Bereich der Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen:<br>• Das bereits erlernte Fachwissen modulübergreifend auf verschiedene Anwendungsfälle anzuwenden<br>• Auch bei unvollständiger Datenbasis alternative Eingangsdaten zur Lösung der Aufgabenstellung abzuwägen (technische, ökonomische, ökologische Parameter)<br>• Die Arbeitsergebnisse durch Ausarbeitung einer schriftlichen Arbeit, durch die Präsentation eines Vortrags und der Verteidigung der Inhalte systematische zu dokumentieren. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können<br>• im Team von circa 2-3 Personen zusammenarbeiten,<br>• wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung und Potentialanalyse von Systemen zur Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien fachspezifische und fachübergreifende diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln,<br>• ihre eigenen Arbeitsergebnisse vor Kommilitonen vertreten und<br>• die Leistungen der Kommilitonen im Vergleich zu Ihrer eigenen Leistung einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Fragestellungen und für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte zu definieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Schriftliche Ausarbeitung |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | je Lehrveranstaltung ca. 20 Minuten Vortrag + schriftliche Ausarbeitung |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0137: Erneuerbare Energien im Energiesystem | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Die Vorlesung ist aufbauend auf den Vorlesungen "Stromerzeugung aus regenerativen Energien" und "Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien".<br>• Vorbesprechung mit Diskussion der Spielregeln<br>• Ausgabe der Themen aus dem Bereich **der erneuerbaren Energietechnik in Form einer Ausschreibung von Ingenieurdienstleistungen** an eine Gruppen von Studierenden (je nach Anzahl der teilnehmenden Studierenden)<br>• **"Ausschreibungen" beschäftigen sich mit Aspekten der Auslegung, Kostenberechnung sowie der ökologischen, ökonomischen und technischen Bewertung von verschiedenen Energieerzeugungskonzepten (z. B. Onshore-Windstromerzeugung, groß-technische Photovoltaik-Stromerzeugung, Biogaserzeugung, geothermischer Strom- und Wärmeerzeugung) unter ganz speziellen Gegebenheiten**<br>• Abgabe eines schriftlichen Lösungsansatz zur Aufgabenstellung und Verteilung an die Teilnehmer durch den Studierenden / die Gruppe von Studierenden<br>• Vortrag des bearbeiteten Themas (20 min) mit PPT-Präsentation und anschließende Diskussion (ca. 20 min)<br>• Teilnahmepflicht bei allen Seminaren |
| **Literatur** | Eigenständiges Literaturstudium in der Bibliothek und aus anderen Quellen. |

| Lehrveranstaltung L0046: Stromerzeugung aus regenerativen Energien | |
|---|---|
| **Typ** | Seminar |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Vorbesprechung mit Diskussion der Seminarspielregeln<br>• Ausgabe der Themen aus dem Bereich des Seminarthemas an einzelne Studierende / Gruppen von Studierenden (je nach Anzahl der teilnehmenden Studierenden)<br>• Abgabe einer 5-seitigen Zusammenfassung des Seminarthemas und Verteilung an die Teilnehmer durch den Studierenden / die Gruppe von Studierenden<br>• Vortrag des bearbeiteten Themas (30 min) mit PPT-Präsentation und anschließende Diskussion (ca. 20 min)<br>• Teilnahmepflicht bei allen Seminaren |
| **Literatur** | • Eigenständiges Literaturstudium in der Bibliothek und aus anderen Quellen. |

| Lehrveranstaltung L0045: Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien | |
|---|---|
| **Typ** | Seminar |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Vorbesprechung mit Diskussion der Seminarspielregeln<br>• Ausgabe der Themen aus dem Bereich des Seminarthemas an einzelne Studierende / Gruppen von Studierenden (je nach Anzahl der teilnehmenden Studierenden)<br>• Abgabe einer 5-seitigen Zusammenfassung des Seminarthemas und Verteilung an die Teilnehmer durch den Studierenden / die Gruppe von Studierenden<br>• Vortrag des bearbeiteten Themas (30 min) mit PPT-Präsentation und anschließende Diskussion (ca. 20 min)<br>• Teilnahmepflicht bei allen Seminaren |
| **Literatur** | Eigenständiges Literaturstudium in der Bibliothek und aus anderen Quellen. |

## Modul M0512: Solarenergienutzung

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Energiemeteorologie (L0016) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Energiemeteorologie (L0017) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Kollektortechnik (L0018) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Solare Stromerzeugung (L0015) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | keine |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden sich fachliche mit Grundlagen und mit aktuellen Fragen und Problemen aus dem Gebiet der Solarenergienutzung auseinandersetzen und diese unter Einbeziehung vorheriger Lehrinhalte und aktueller Problematiken erläutern und kritisch Stellung dazu beziehen. Sie können insbesondere die Prozesse innerhalb einer Solarzelle fachlich beschreiben und die Besonderheiten bei der Anwendung von Solarmodulen erläutern. Des Weiteren können sie einen Überblick über die Kollektortechnik in solarthermischen Anlagen geben. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten Grundlagen auf beispielhafte solarstrahlungnutzende Energiesysteme anwenden und in diesem Zusammenhang unter anderem Potenziale und Grenzen solarer Energieerzeugungsanlagen für verschiedene geografische Bedingungen einschätzen und beurteilen. Sie sind in der Lage unter gegebenen Randbedingungen solare Energieerzeugungsanlagen technische effizient zu dimensionieren und mit der Nutzung modulübergreifendes Wissens ökonomisch und ökologisch zu beurteilen. Dafür notwendige Berechnungsmethoden innerhalb der Strahlungslehre können sie auswählen und aufgabenspezifisch anwenden. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen auf Basis der Vorlesungsschwerpunkte über das Fachgebiet erschließen und Wissen aneignen. Des Weiteren können die Studierenden angeleitet durch Lehrende eigenständig Berechnungsmethoden zur Potenzialanalyse und technischen Auslegung von solaren Energiesystemen durchführen und auf dieser Basis Ihren jeweiligen Lernstand einschätzen und eventuell weitere Arbeitsschritte definieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 3 Stunden |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0016: Energiemeteorologie | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Matthias, Dr. Beate Geyer |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Einführung: Strahlungsquelle Sonne, Astronomische Grundlagen, Grundlagen der Strahlung<br>• Aufbau der Atmosphäre<br>• Eigenschaften und Gesetze von Strahlung<br>  ◦ Polarisation<br>  ◦ Strahlungsgrößen<br>  ◦ Plancksches Strahlungsgesetz<br>  ◦ Wiensches Verschiebungsgesetz<br>  ◦ Stefan-Boltzmann Gesetz<br>  ◦ Das Kirchhoffsche Gesetz<br>  ◦ Helligkeitstemperatur<br>  ◦ Absorption, Reflexion, Transmission<br>• Strahlungsbilanz, Globalstrahlung, Energiebilanz<br>• Atmosphärische Extinktion<br>• Mie- und Rayleigh-Streuung<br>• Strahlungstransfer<br>• Optische Effekte in der Atmosphäre<br>• Berechnung Sonnenstand und Berechnung Strahlung auf geneigte Flächen |
| **Literatur** | • Helmut Kraus: Die Atmosphäre der Erde<br>• Hans Häckel: Meteorologie<br>• Grant W. Petty: A First Course in Atmosheric Radiation<br>• Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese: Renewable Energy<br>• Alexander Löw, Volker Matthias: Skript Optik Strahlung Fernerkundung |

| Lehrveranstaltung L0017: Energiemeteorologie | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Beate Geyer |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L0018: Kollektortechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Agis Papadopoulos |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Einführung: Energiebedarf und Anwendung der Sonnenenergie.<br>• Wärmeübertragung in der Solarthermie: Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung.<br>• Kollektoren: Arten, Aufbau, Wirkungsgrad, Dimensionierung, konzentrierende Systeme.<br>• Energiespeicher: Anforderungen, Arten.<br>• Passive Sonnenenergienutzung: Komponenten und Systeme.<br>• Solarthermische Niedertemperatursysteme: Kollektorvarianten, Aufbau, Berechnung.<br>• Solarthermische Hochtemperatursysteme: Klassifizierung von Solarkraftwerke, Aufbau.<br>• Solare Klimatisierung. |
| **Literatur** | • Vorlesungsskript.<br>• Kaltschmitt, Streicher und Wiese (Hrsg.). Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 5. Auflage, Springer, 2013.<br>• Stieglitz und Heinzel .Thermische Solarenergie: Grundlagen, Technologie, Anwendungen. Springer, 2012.<br>• Von Böckh und Wetzel. Wärmeübertragung: Grundlagen und Praxis, Springer, 2011.<br>• Baehr und Stephan. Wärme- und Stoffübertragung. Springer, 2009.<br>• de Vos. Thermodynamics of solar energy conversion. Wiley-VCH, 2008.<br>• Mohr, Svoboda und Unger. Praxis solarthermischer Kraftwerke. Springer, 1999. |

| Lehrveranstaltung L0015: Solare Stromerzeugung | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Martin Schlecht, Paola Pignatelli, Prof. Alf Mews, Roman Fritsches-Baguhl |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Photovoltaik:<br>1. Einführung<br>2. Primärenergien und Verbrauch, verfügbare Sonnenenergie<br>3. Physik der idealen Solarzelle<br>4. Lichtabsorption, PN-Übergang, charakteristische Größen der Solarzelle, Wirkungsgrad<br>5. Physik der realen Solarzelle<br>6. Ladungsträgerrekombination, Kennlinien, Sperrschichtrekombination, Ersatzschaltbild<br>7. Erhöhung der Effizienz<br>8. Methoden zur Erhöhung der Quantenausbeute und Verringerung der Rekombination<br>9. Hetero- und Tandemstrukturen<br>10. Hetero-Übergang, Schottky-, elektrochemische, MIS- und SIS-Zelle, Tandem-Zelle<br>11. Konzentratorzellen<br>12. Konzentrator-Optiken und Nachführsysteme, Konzentratorzellen<br>13. Technologie und Eigenschaften: Solarzellentypen, Herstellung, einkristallines Silizium und Galliumarsenid, polykristalline Silizium- und Silizium-Dünnschichtzellen, Dünnschichtzellen auf Trägern (amorphes Silizium, CIS, elektrochemische Zellen)<br>14. Module<br>15. Schaltungen<br>Konzentrierende Solarkraftwerke:<br>1. Einführung<br>2. Punkt-fokussierte Technologien<br>3. Linien-fokussierte Technologien<br>4. Auslegung CSP-Projekte |
| **Literatur** | • A. Götzberger, B. Voß, J. Knobloch: Sonnenenergie: Photovoltaik, Teubner Studienskripten, Stuttgart, 1995<br>• A. Götzberger: Sonnenenergie: Photovoltaik : Physik und Technologie der Solarzelle, Teubner Stuttgart, 1994<br>• H.-J. Lewerenz, H. Jungblut: Photovoltaik, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1995<br>• A. Götzberger: Photovoltaic solar energy generation, Springer, Berlin, 2005<br>• C. Hu, R. M. White: Solar Cells, Mc Graw Hill, New York, 1983<br>• H.-G. Wagemann: Grundlagen der photovoltaischen Energiewandlung: Solarstrahlung, Halbleitereigenschaften und Solarzellenkonzepte, Teubner, Stuttgart, 1994<br>• R. J. van Overstraeten, R.P. Mertens: Physics, technology and use of photovoltaics, Adam Hilger Ltd, Bristol and Boston, 1986<br>• B. O. Seraphin: Solar energy conversion Topics of applied physics V 01 31, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1995<br>• P. Würfel: Physics of Solar cells, Principles and new concepts, Wiley-VCH, Weinheim 2005<br>• U. Rindelhardt: Photovoltaische Stromversorgung, Teubner-Reihe Umwelt, Stuttgart 2001<br>• V. Quaschning: Regenerative Energiesysteme, Hanser, München, 2003<br>• G. Schmitz: Regenerative Energien, Ringvorlesung TU Hamburg-Harburg 1994/95, Institut für Energietechnik |

## Modul M0513: Systemaspekte regenerativer Energien

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung (L0021) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Energiehandel und Energiemärkte (L0019) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Energiehandel und Energiemärkte (L0020) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Tiefe Geothermie (L0025) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Modul: Technische Thermodynamik I<br><br>Modul: Technische Thermodynamik II |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die Prozesse im Energiehandel und die Gestaltung der Energiemärkte beschreiben und kritisch in Bezug zu aktuellen Problemstellungen bewerten. Des Weiteren sind sie in der Lage die thermodynamischen Grundlagen der elektrochemischen Energiewandlung in Brennstoffzellen zu erklären und den Bezug zu verschiedenen Bauarten von Brennstoffzellen und deren jeweiligem Aufbau herzustellen und zu erläutern. Die Studenten können diese Technologie mit weiteren Energiespeichermöglichkeiten vergleichen. Zusätzlich können die Studenten einen Überblick über die Verfahrensweise und der energetischen Einbindung von tiefer Geothermie geben. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können das erlernte Wissen zur Speicherung überschüssiger Energie anwenden, um für unterschiedlicher Energiesysteme Lösungsansätze für eine versorgungssichere Energiebereitstellung erläutern. Insbesondere können sie diesbezüglich häusliche, gewerbliche und industrielle Beheizungsanlagen unter Anwendung von Speichern energiesparend planen und berechnen, und im Bezug zu komplexen Energiesystemen beurteilen. In diesem Zusammenhang können die Studierenden die Potenziale und Grenzen von Geothermieanlagen einschätzen und deren Funktionsweise erläutern.<br><br>Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage die Vorgehensweisen und Strategien zur Vermarktung von Energie zu erläutern und im Kontext anderer Module auf erneuerbare Energieprojekte anwenden. In diesem Zusammenhang können die Studierenden eigenständig Analysen zur Bewertung von Energiehandel und Energiemärkten erstellen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesungen erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 3 Stunden |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0021: Brennstoffzellen, Batterien und Gasspeicher: Neue Materialien für die Energieerzeugung und -speicherung | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Michael Fröba |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung in die elektrochemische Energiewandlung<br>2. Funktion und Aufbau von Elektrolyten<br>3. Die Niedertemperatur-Brennstoffzellen<br>  ∘ Bauformen<br>  ∘ Thermodynamik der PEM-Brennstoffzelle<br>  ∘ Kühl- und Befeuchtungsstrategie<br>4. Die Hochtemperatur-Brennstoffzelle<br>  ∘ Die MCFC<br>  ∘ Die SOFC<br>  ∘ Integrationsstrategien und Teilreformierung<br>5. Brennstoffe<br>  ∘ Bereitstellung von Brennstoffen<br>  ∘ Reformierung von Erdgas und Biogas<br>  ∘ Reformierung von flüssigen Kohlenwasserstoffen<br>6. Energetische Integration und Regelung von Brennstoffzellen-Systemen |
| **Literatur** | • Hamann, C.; Vielstich, W.: Elektrochemie 3. Aufl.; Weinheim: Wiley - VCH, 2003 |

| Lehrveranstaltung L0019: Energiehandel und Energiemärkte | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Michael Sagorje, Dr. Sven Orlowski |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Grundbegriffe und handelbare Produkte in Energiemärkten<br>• Primärenergiemärkte<br>• Strommärkte<br>• Europäisches Emissionshandelssystem<br>• Einfluss von Erneuerbaren Energien<br>• Realoptionen<br>• Risikomanagement<br><br>Innerhalb der Übung werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt. |
| **Literatur** | |

| Lehrveranstaltung L0020: Energiehandel und Energiemärkte | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Michael Sagorje, Dr. Sven Orlowski |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L0025: Tiefe Geothermie | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Ben Norden |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung in die tiefe geothermische Nutzung<br>2. Geologische Grundlagen I<br>3. Geologische Grundlagen II<br>4. Geologisch-thermische Aspekte<br>5. Gesteinsphysikalische Aspekte<br>6. Geochemische Aspekte<br>7. Exploration tiefer geothermischer Reservoire<br>8. Bohrungstechnologien, Verrohrung und Ausbau<br>9. Bohrlochgeophysik<br>10. Untertägige Systemcharakterisierung und Reservoirengineering<br>11. Mikrobiologie und Obertägige Systemkomponenten<br>12. Angepasste Anlagenkonzepte, Kosten und Umweltaspekt |
| **Literatur** | • Dipippo, R.: Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact. Butterworth Heinemann; 3rd revised edition. (29. Mai 2012)<br>• www.geo-energy.org<br>• Edenhofer et al. (eds): Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation; Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2012.<br>• Kaltschmitt et al. (eds): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer, 5. Aufl. 2013.<br>• Kaltschmitt et al. (eds): Energie aus Erdwärme. Spektrum Akademischer Verlag; Auflage: 1999 (3. September 2001)<br>• Huenges, E. (ed.): Geothermal Energy Systems: Exploration, Development, and Utilization. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; Auflage: 1. Auflage (19. April 2010) |

## Modul M1308: Modellierung und technische Auslegung von Bioraffinerieprozessen

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Bioraffinerien - Technische Auslegung und Optimierung (L1832) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 3 | 3 |
| CAPE bei Energieprojekten (L0022) | Projektierungskurs | 3 | 3 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Studierende können nach der Teilnahme an der Veranstaltung einen verfahrenstechnischen Prozess umfassend auslegen. Dazu gehören die Erstellung von Massen- und Energiebilanzen, die Auslegung verfahrenstechnischer Apparate, die Festlegung von Messtechniken und Regelkreisen für die einzelnen Apparate sowie die Modellierung des Gesamtprozesses.<br>Des Weiteren können sie die Grundlagen zur allgemeinen Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben, insbesondere mit ASPEN PLUS® und ASPEN CUSTOM MODELER® beschreiben. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden sind in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik:<br>• modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Produktionsprozessen<br>• auch bei unvollständiger Information in der zu bearbeitenden Aufgabe alternative Eingangsparameter abzuwägen,<br>• die Arbeitsergebnisse durch Ausarbeitung einer schriftlichen Arbeit, durch die Präsentation eines Vortrags und der Verteidigung der Inhalte systematische zu dokumentieren.<br>Sie können die ASPEN PLUS ® and ASPEN CUSTOM MODELER ® zur Modellierung energetischer Systeme anwenden und die Simulationslösung bewerten.<br>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Seminare und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können<br>• im Team von circa 2-3 Personen zusammenarbeiten,<br>• wissenschaftliche Aufgabenstellungen zur Auslegung von Prozessen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln,<br>• ihre eigenen Arbeitsergebnisse vor Kommilitonen vertreten und<br>die Leistungen der Kommilitonen im Vergleich zu Ihrer eigenen Leistung einschätzen und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen umgehen. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und dieser Basis weitere Fragestellungen und für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte zu definieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Schriftliche Ausarbeitung |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | Schriftliche Ausarbeitung inkl. Vortrag |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung C - Bioökonomische Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Energie und Bioprozesstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L1832: Bioraffinerien - Technische Auslegung und Optimierung | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 3 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42 |
| **Dozenten** | Prof. Oliver Lüdtke |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | **Empfohlene Vorkenntnisse:**<br>Prozess- und Anlagentechnik I und II<br><br>Thermische Grundoperationen<br><br>Wärme- und Stoffübertragung<br><br>Strömungsmechanik I und II<br><br>**I. Wiederholung Grundlagen:**<br><br>1. Rohrbündel Wärmeübetrager<br>2. Dampfkessel und Kältemaschinen<br>3. Pumpen und Turbinen<br>4. Strömung in Rohrleitungssystemen<br>5. Pumpen und Mischen nicht-newtonscher Fluide<br>6. Anforderungen eines detaillierten Anlagen-Aufstellungsplans<br><br>**II. Selbstständiges Rechnen:**<br><br>1. Das Planen und Auslegen eines spezifischen Anlagenteils einer Bioraffinerie in Gruppenarbeit (z.B. Ethanoldestillation oder Fermentation) auf Basis realistischer Annahmen aus der Industrie.<br>  ∘ Massen- & Energiebilanzen (Aspen)<br>  ∘ Spezifische Apparate Auslegung (Wärmetauscher/Pumpen/Behälter/Rohre etc.)<br>  ∘ Isolierungen, Wanddicken und Behälter Material<br>  ∘ Energie-, Dampf-, Kühlbedarf<br>  ∘ Armaturen und Messinstrumente sowie Sicherheitseinrichtungen<br>  ∘ Vorgabe der Hauptregelkreise<br>2. Dabei wird der Zusammenhang und die Abhängigkeiten verschiedener Phänomene deutlich und die Beschreibung des Prozesses erfolgt anhand einer tatsächlich existierenden Anlage.<br>3. Im Detail Engineering wird besonders auf Aspekte der Anlagenplanung eingegangen, die bei der realen Umsetzung zur Konstruktion entscheidend sind. So kann ein hoher Detailgrad erreicht werden mit dem es möglich ist einen Aufstellungsplan zu konzipieren.<br>4. Je nach Zeitbedarf und Gruppengröße werden auch Kostenabschätzung und die Erstellung eines ausführlichen R&I Fließbildes betrachtet |
| **Literatur** | Perry, R.;Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8 th Edition, McGraw Hill Professional, 2007<br><br>Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014 |

| **Lehrveranstaltung L0022: CAPE bei Energieprojekten** | |
|---|---|
| **Typ** | Projektierungskurs |
| **SWS** | 3 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 48, Präsenzstudium 42 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • CAPE = *Computer*-Aided-Project-Engineering<br>• EINFÜHRUNG IN DIE THEORIE<br>  ◦ Klassen von Simulationsprogrammen<br>  ◦ Sequentiell-modularer Ansatz<br>  ◦ Gleichungsorientierter Ansatz<br>  ◦ Simultan-modularer Ansatz<br>  ◦ Allgemeine Vorgehensweise bei der Bearbeitung von Modellierungsaufgaben<br>  ◦ Spezielle Vorgehensweise zur Lösung von Modellen mit Rückführungen<br>• COMPUTER-ÜBUNGEN **zu erneuerbaren Energieprojekten** MIT ASPEN PLUS® UND ASPEN CUSTOM MODELER®<br>  ◦ Anwendungsbereich, Potential und Grenzen von Aspen Plus® und Aspen Custom Modeler®<br>  ◦ Benutzung der integrierten Datenbanken für Stoffdaten<br>  ◦ Methoden zur Abschätzung nicht vorhandener physikalischer Stoffdaten<br>  ◦ Benutzung der Modellbibliotheken und Prozesssynthese<br>  ◦ Anwendung von Design-Spezifikationen und Sensitivitätsanalysen<br>  ◦ Lösung von Optimierungsproblemen<br><br>Innerhalb des Seminars werden die verschiedenen Aufgabenstellungen aktiv diskutiert und auf verschiedene Anwendungsfälle angewandt. |
| **Literatur** | • Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide<br>• William L. Luyben; Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5 |

## Modul M0511: Elektrische Energie aus Solarstrahlung und Windkraft

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Nachhaltigkeitsmanagement (L0007) | Vorlesung | 2 | 1 |
| Wasserkraftnutzung (L0013) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Windenergieanlagen (L0011) | Vorlesung | 2 | 3 |
| Windenergienutzung - Schwerpunkt Offshore (L0012) | Vorlesung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Dr. Isabel Höfer |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Modul: Thermodynamik I,<br><br>Modul: Thermodynamik II,<br><br>Modul: Grundlagen der Strömungsmechanik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden vertieftes Kenntnisse über Windenergieanlagen mit besonderem Fokus der Windenergienutzung unter den Offshore-Bedingungen detailliert erklären und unter Einbeziehung aktueller Problemstellung kritisch dazu Stellung beziehen. Des Weiteren sind sie in der Lage die Nutzung der Wasserkraft zur Stromerzeugung grundlegend zu beschreiben. Die Studierenden können das grundsätzliche Vorgehen bei der Umsetzung regenerativer Energieprojekte im außereuropäischen Ausland wiedergeben und erklären.<br><br>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb des Seminars des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten theoretischen Grundlagen auf beispielhafte Wasser- oder Windkraftsysteme anwenden und die sich ergebenden Zusammenhänge bezüglich der Auslegung und des Betriebs dieser Anlagen fachlich einschätzen und beurteilen. Die besondere Verfahrensweise zur Umsetzung erneuerbarer Energieprojekte im außereuropäischen Ausland können sie grundsätzliche mit der in Europa angewendeten Vorgehensweise kritisch vergleichen und auf beispielhafte Projekte theoretisch anwenden. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen innerhalb eines Seminars fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig auf Basis der Schwerpunkte des Vorlesungsmaterials Quellen über das Fachgebiet erschließen, dieses zur Nachbereitung der Vorlesung nutzen und sich Wissen aneignen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 2,5 Stunden + Schriftliche Ausarbeitung (inkl. Vortrag) in Nachhaltigkeitsmanagement |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bauingenieurwesen: Vertiefung Tragwerke: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Tiefbau: Wahlpflicht<br>Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0007: Nachhaltigkeitsmanagement | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 2, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Anne Rödl |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Die Vorlesung „Nachhaltigkeitsmanagement“ gibt einen Einblick in die verschiedenen Aspekte und Dimensionen der Nachhaltigkeit. Dazu werden zunächst wichtige Begriffe und Definitionen, wesentliche Ent¬wicklungen der letzten Jahre sowie rechtliche Rahmenbedingungen erläutert. Danach werden die verschiedenen Aspekte der Nachhaltigkeit im Einzelnen vorgestellt und diskutiert. Als wesentlicher Bestandteil der Vorlesung, werden Konzepte zur Umsetzung des Themas Nachhaltigkeit in Unternehmen besprochen Zu beantwortende Kernfragen sind dabei u. a.:<br>• Was ist „Nachhaltigkeit“?<br>• Warum ist dieses Konzept für Unternehmen ein wichtiges Thema?<br>• Welche Chancen und Risiken wirtschaftlichen Handelns werden damit thematisiert bzw. sind damit verbunden?<br>• Wie können die oft genannten drei Säulen der Säulen der Nachhaltigkeit - Ökonomie, Ökologie und Soziales - trotz ihrer z. T. gegenläufigen Tendenzen in die Unternehmensführung sinnvoll integriert und jeweils ein entsprechender Kompromiss gefunden werden?<br>• Welche Konzepte bzw. Rahmenvorgaben für die Umsetzung des Nachhaltigkeitsmanagements in Unternehmen gibt es?<br>• Welche Nachhaltigkeits-Labels für Produkte und/oder für Unternehmen gibt es? Was ist ihnen gemeinsam und wo unterscheiden sie sich?<br>Des Weiteren soll die Veranstaltung Einblicke in die konkrete Umsetzung von Nachhaltig-keitsaspekten in der unternehmerischen Praxis bieten. Dafür werden externe Dozenten aus Unternehmen eingeladen, die berichten, wie das Thema Nachhaltigkeit in ihre täglichen Abläufe integriert wird.<br>Im Rahmen einer eigenständigen Ausarbeitung sollen die Studierenden die Umsetzung von Nachhaltigkeitsaspekten anhand kurzer Fallstudien analysieren und diskutieren. Anhand der Beschäftigung und dem Vergleich von „Best Practice“ Beispielen sollen sie die Auswirkungen und Tragweite von unternehmerischen Entscheidungen kennenlernen. Dabei soll deutlich werden, welche Risiken bzw. Chancen mit der Nichtbeachtung bzw. Beachtung von Nachhaltigkeitsaspekten verbunden sind. |
| **Literatur** | Die folgenden Bücher bieten einen Überblick:<br>Engelfried, J. (2011) Nachhaltiges Umweltmanagement. München: Oldenbourg Verlag. 2. Auflage<br>Corsten H., Roth S. (Hrsg.) (2011) Nachhaltigkeit - Unternehmerisches Handeln in globaler Verantwortung. Wiesbaden: Gabler Verlag. |

| Lehrveranstaltung L0013: Wasserkraftnutzung | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Stefan Achleitner |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Einführung; Bedeutung der Wasserkraft im nationalen und globalen Kontext<br>• Physikalische Grundlagen: Bernoulli-Gleichung, nutzbare Fallhöhe, hydrologische Grundlagen, Verlustmechanismen, Wirkungsgrade<br>• Einteilung der Wasserkraft: Lauf- und Speicherwasserkraft, Nieder- und Hochdruckanlagen<br>• Aufbau von Wasserkraftanlagen: Darstellung der einzelnen Komponenten und ihres systemtechnischen Zusammenspiels<br>  ◦ Bautechnische Komponenten; Darstellung von Dämmen, Wehren, Staumauern, Krafthäusern, Rechenanlagen etc.<br>  ◦ Energietechnische Komponenten: Darstellung der unterschiedlichen Arten der hydraulischen Strömungsmaschinen, der Generatoren und der Netzanbindung<br>• Wasserkraft und Umwelt<br>• Beispiele aus der Praxis |
| **Literatur** | • Schröder, W.; Euler, G.; Schneider, K.: Grundlagen des Wasserbaus; Werner, Düsseldorf, 1999, 4. Auflage<br>• Quaschning, V.: Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Simulation; Carl Hanser, München, 2011, 7. Auflage<br>• Giesecke, J.; Heimerl, S.; Mosony, E.: Wasserkraftanlagen - Planung, Bau und Betrieb; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 5. Auflage<br>• von König, F.; Jehle, C.: Bau von Wasserkraftanlagen - Praxisbezogene Planungsunterlagen; C. F. Müller, Heidelberg, 2005, 4. Auflage<br>• Strobl, T.; Zunic, F.: Wasserbau: Aktuelle Grundlagen - Neue Entwicklungen; Springer, Berlin, Heidelberg, 2006 |

| Lehrveranstaltung L0011: Windenergieanlagen | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Rudolf Zellermann |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Historische Entwicklung<br>• Wind: Entstehung, geographische und zeitliche Verteilung, Standorte<br>• Leistungsbeiwert, Rotorschub<br>• Aerodynamik des Rotors<br>• Betriebsverhalten<br>• Leistungsbegrenzung, Teillast, Pitch und Stall, Regelung<br>• Anlagenauswahl, Ertragsprognose, Wirtschaftlichkeit<br>• Exkursion |
| **Literatur** | Gasch, R., Windkraftanlagen, 4. Auflage, Teubner-Verlag, 2005 |

| Lehrveranstaltung L0012: Windenergienutzung - Schwerpunkt Offshore | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Skiba |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Einführung , Bedeutung der Offshore-Windstromerzeugung, Besondere Anforderungen an die Offshore-Technik<br>• Physikalische Grundlagen zur Nutzung der Windenergie<br>• Aufbau und Funktionsweise von Offshore-Windenergieanlagen, Vorstellung unterschiedlicher Konzepte von Offshore-Windenergieanlagen, Darstellung der einzelnen Systemkomponenten und deren systemtechnisches Zusammenspiel<br>• Gründungstechnik, Offshore-Baugrunderkundung, Vorstellung unterschiedlicher Konzepte von Offshore-Gründungsstrukturen, Planung und Fabrikation von Gründungsstrukturen<br>• Elektrische Infrastruktur eines Offshore-Windparks, Innerpark-Verkabelung, Offshore-Umspannwerk, Netzanbindung<br>• Installation von Offshore-Windparks, Installationstechniken und Hilfsgeräte, Errichtungslogistik<br>• Entwicklung und Planung eines Offshore-Windparks<br>• Betrieb und Optimierung von Offshore-Windparks<br>• Tagesexkursion |
| **Literatur** | • Gasch, R.; Twele, J.: Windkraftanlagen - Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb; Vieweg + Teubner, Stuttgart, 2007, 7. Auflage<br>• Molly, J. P.: Windenergie - Theorie, Anwendung, Messung; C. F. Müller, Heidel-berg, 1997, 3. Auflage<br>• Hau, E.: Windkraftanalagen; Springer, Berlin, Heidelberg, 2008, 4.Auflage<br>• Heier, S.: Windkraftanlagen - Systemauslegung, Integration und Regelung; Vieweg + Teubner, Stuttgart, 2009, 5. Auflage<br>• Jarass, L.; Obermair, G.M.; Voigt, W.: Windenergie: Zuverlässige Integration in die Energieversorgung; Springer, Berlin, Heidelberg, 2009, 2. Auflage |

## Modul M0742: Thermische Energiesysteme

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Thermische Energiesysteme (L0023) | Vorlesung | 3 | 5 |
| Thermische Energiesysteme (L0024) | Hörsaalübung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Arne Speerforck |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Technische Thermodynamik I, II, Strömungsmechanik, Wärmeübertragung |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Studierende kennen die verschiedenen Energiewandlungsstufen und den Unterschied zwischen einem Wirkungsgrad und einem Nutzungsgrad. Sie verfügen über vertiefte Grundkenntnisse in der Wärme- und Stoffübertragung, insbesondere hinsichtlich der Anwendung im Gebäude- und Fahrzeugbau. Sie sind mit dem Aufbau und dem Inhalt der Energiesparverordnung und weiterer Technischer Regeln vertraut. Sie wissen verschiedene Beheizsysteme in den Bereichen Haushalt und Kleinverbraucher, Gewerbe und Industrie zu unterscheiden und wie ein Beheizungssystem geregelt wird. Sie können für einen Feuerraum ein Modell mit den entsprechenden Wärmeströmen aufstellen und damit zeitliche Temperaturverläufe ermitteln. Sie beherrschen die Grundlagen der Schadstoffbildung bei Brennern von Kleinfeuerungen und wissen, wie Abgase gefahrlos abgeführt werden. Darüber hinaus sind sie mit objektorientierten Modellierungsarten von thermodynamischen Systemen vertraut. |
| *Fertigkeiten* | Studierende sind in der Lage, den Wärmebedarf für unterschiedliche Beheizungsaufgaben zu ermitteln und die entsprechenden Komponenten eines Heizungssystems auszulegen. Sie können eine Rohrnetzberechnung durchführen und sind befähigt, einfache Planungsaufgaben unter Einbeziehung von Solarenergie selbstständig durchzuführen. Sie schreiben zur Lösung dynamischer Probleme selbst einfache Modelica-Programme und sind in der Lage, aktuelle Forschungsergebnisse in die Praxis zu übertragen bzw. wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Wärmetechnik selbstständig durchzuführen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können in Vorlesung und Übung anhand vieler Beispiele und Experimente zielorientiert in Kleingruppen diskutieren, einen Lösungsweg erarbeiten und diesen darstellen. Sie können im Rahmen von Übungsaufgaben eigenständig weitergehende Fragestellungen entwickeln und zielgerechte Lösungen ausarbeiten. |
| *Selbstständigkeit* | Studierende sind in der Lage, eigenständig Aufgaben zu definieren, hierfür notwendiges Wissen aufbauend auf dem vermittelten Wissen selbst zu erarbeiten sowie geeignete Mittel zur Umsetzung einzusetzen. In den Übungen diskutieren die Studierenden die in den Vorlesungen vermittelten Methoden anhand komplexer Aufgabenstellungen und analysieren die Ergebnisse kritisch. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 60 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Pflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Schiffsmaschinenbau: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Kernqualifikation: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0023: Thermische Energiesysteme | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 3 |
| **LP** | 5 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 108, Präsenzstudium 42 |
| **Dozenten** | Prof. Arne Speerforck, Prof. Gerhard Schmitz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | 1. Einleitung<br><br>2. Grundlagen der Wärmetechnik 2.1 Wärmeleitung 2.2 Konvektiver Wärmeübergang 2.3. Wärmestrahlung 2.4. Wärmedurchgang 2.5. Verbrennungstechnische Kennzahlen 2.6 Elektrische Erwärmung 2.7 Wassdampfdiffusion<br><br>3. Heizungssysteme 3.1. Warmwasserheizungen 3.2 Anlagen zur Warmwasserbereitung 3.3 Rohrnetzberechnung 3.4 Wärmeerzeuger 3.5 Warmluftheizungen 3.6 Strahlungsheizungen<br><br>4 . Wärme- und Wärmebehandlungssysteme 4.1 Industrieöfen 4.2 Schmelzanlagen 4.3 Trocknungsanlagen 4.4 Schadstoffemissionen 4.5 Schornsteinberechnungsverfahren 4.6 Energiemesssysteme<br><br>5. Verordnung und Normen 5.1 Gebäude 5.2 Industrielle und gewerbliche Anlagen |
| **Literatur** | • Schmitz, G.: Klimaanlagen, Skript zur Vorlesung<br>• VDI Wärmeatlas, 11. Auflage, Springer Verlag, Düsseldorf 2013<br>• Herwig, H.; Moschallski, A.: Wärmeübertragung, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2009<br>• Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schrammek, E.-R.: Taschenbuch für Heizung- und Klimatechnik 2013/2014, 76. Auflage, Deutscher Industrieverlag, 2013 |

| Lehrveranstaltung L0024: Thermische Energiesysteme | |
|---|---|
| **Typ** | Hörsaalübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Arne Speerforck |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

## Fachmodule der Vertiefung Bioenergiesysteme

In der Vertiefungsrichtung „Bioenergiesysteme“ werden weiterführende Kenntnisse in der energetischen Verwertung von Biomasse vermittelt. Dies impliziert unter anderem die Verarbeitung und Nutzung von Holz als energetischen Rohstoff, aber auch das Verständnis zu Verfahren und Konzepten, die eine Energiegewinnung aus Abfällen ermöglichen.

### Modul M1343: Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L1894) | Vorlesung | 2 | 3 |
| Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L2614) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 2 | 2 |
| Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L2613) | Hörsaalübung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen aus der Chemie / Physik / Werkstoffkunde |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Studierende können<br><br>- die Grundlagen der Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) und ihrer Konstituenten (Faser / Matrix) wiedergeben und kennen die entsprechenden Prüf- und Analysemethoden.<br><br>- die komplexen Zusammenhänge Struktur-Eigenschaftsbeziehung erklären.<br><br>- die Wechselwirkungen von chemischen Aufbau der Polymere, deren Verarbeitung mit den unterschiedlichen Fasertypen unter Einbeziehung fachangrenzender Kontexte erläutern (z.B. Nachhaltigkeit, Umweltschutz). |
| *Fertigkeiten* | Studierende sind in der Lage standardisierte Berechnungsmethoden in einem angegebenen Kontext einzusetzen, um<br><br>• mechanische Eigenschaften (Modul, Festigkeit) zu berechnen und die unterschiedlichen Materialien zu bewerten.<br>• überschlägige Dimensionierung mit Hilfe der Netztheorie der Konstruktionselemente durchführen und bewerten.<br>• für werkstoffliche Probleme geeignete Lösungen auszuwählen und zu Dimensionieren z.B. Steifigkeit, Korrosion, Festigkeit. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Studierende können<br><br>• in heterogen Gruppen zu fundierten Arbeitsergebnissen kommen und diese dokumentieren.<br>• angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen. |
| *Selbstständigkeit* | Studierende sind fähig,<br><br>- eigene Stärken und Schwächen einzuschätzen.<br><br>- ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte zu definieren.<br><br>- mögliche Konsequenzen ihres beruflichen Handelns einzuschätzen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 90 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht<br>Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht<br>Mechanical Engineering and Management: Kernqualifikation: Pflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Pflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Materialwissenschaften: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L1894: Structure and properties of fibre-polymer-composites | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | - Microstructure and properties of the matrix and reinforcing materials and their interaction<br>- Development of composite materials<br>- Mechanical and physical properties<br>- Mechanics of Composite Materials<br>- Laminate theory<br>- Test methods<br>- Non destructive testing<br>- Failure mechanisms<br>- Theoretical models for the prediction of properties<br>- Application |
| **Literatur** | Hall, Clyne: Introduction to Composite materials, Cambridge University Press<br>Daniel, Ishai: Engineering Mechanics of Composites Materials, Oxford University Press<br>Mallick: Fibre-Reinforced Composites, Marcel Deckker, New York |

| Lehrveranstaltung L2614: Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | |
| **Literatur** | |

| Lehrveranstaltung L2613: Structure and properties of fibre-polymer-composites | |
|---|---|
| **Typ** | Hörsaalübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | |
| **Literatur** | |

## Modul M0518: Waste and Energy

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Abfallverwertungstechnologien (L0047) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Abfallverwertungstechnologien (L0048) | Gruppenübung | 1 | 2 |
| Energie aus Abfall (L0049) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Kerstin Kuchta |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | None |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Basics of process engineering |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Students are able to describe and explain in detail techniques, processes and concepts for treatment and energy recovery from wastes. |
| *Fertigkeiten* | The students are able to select suitable processes for the treatment and energy recovery of wastes. They can evaluate the efforts and costs for processes and select economically feasible treatment Concepts. Students are able to evaluate alternatives even with incomplete information. Students are able to prepare systematic documentation of work results in form of reports, presentations and are able to defend their findings in a group. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Students can participate in subject-specific and interdisciplinary discussions, develop cooperated solutions and defend their own work results in front of others and promote the scientific development of collegues. Furthermore, they can give and accept professional constructive criticism. |
| *Selbstständigkeit* | Students can independently tap knowledge of the subject area and transform it to new questions. They are capable, in consultation with supervisors, to assess their learning level and define further steps on this basis. Furthermore, they can define targets for new application-or research-oriented duties in accordance with the potential social, economic and cultural impact. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | **Verpflichtend** Ja; **Bonus** 20 %; **Art der Studienleistung** Schriftliche Ausarbeitung; **Beschreibung** |
| **Prüfung** | Referat |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | Vortrag mithilfe von Powerpoint-Folien (10-15 Minuten) |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Environmental Engineering: Vertiefung Abfall und Energie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Kernqualifikation: Pflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

### Lehrveranstaltung L0047: Waste Recycling Technologies

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Kerstin Kuchta |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Fundamentals on primary and secondary production of raw materials (steel, aluminum, phosphorous, copper, precious metals, rare metals)<br>• Use and demand of metals and minerals in industry and society<br>• collection systems and concepts<br>• quota and efficiency<br>• Advanced sorting technologies<br>• mechanical pretreatment<br>• advanced treatment<br>• Chemical analysis of Critical Materials in post-consumer products<br>• Analytical tools in Resource Management (Material Flow Analysis, Recycling Performance Indicators, Criticality Assessment, statistical analysis of uncertainties) |
| **Literatur** | |

| Lehrveranstaltung L0048: Waste Recycling Technologies | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Kerstin Kuchta |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Fundamentals on primary and secondary production of raw materials (steel, aluminum, phosphorous, copper, precious metals, rare metals)<br>• Use and demand of metals and minerals in industry and society<br>• collection systems and concepts<br>• quota and efficiency<br>• Advanced sorting technologies<br>• mechanical pretreatment<br>• advanced treatment<br>• Chemical analysis of Critical Materials in post-consumer products<br>• Analytical tools in Resource Management (Material Flow Analysis, Recycling Performance Indicators, Criticality Assessment, statistical analysis of uncertainties) |
| **Literatur** | |

| Lehrveranstaltung L0049: Waste to Energy | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Rüdiger Siechau |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Project-based lecture<br>• Introduction into the " Waste to Energy " consisting of:<br>  ◦ Thermal Process ( incinerator , RDF combustion )<br>  ◦ Biological processes ( Wet-/Dryfermentation )<br>  ◦ technology , energy , emissions, approval , etc.<br>• Group work<br>  ◦ design of systems/plants for energy recovery from waste<br>  ◦ The following points are to be processed :<br>  ▪ Input: waste ( fraction collection and transportation, current quantity , material flows , possible amount of development )<br>  ▪ Plant (design, process diagram , technology, energy production )<br>  ▪ Output ( energy quantity / type , by-products )<br>  ▪ Costs and revenues<br>  ▪ Climate and resource protection ( CO2 balance , substitution of primary raw materials / fossil fuels )<br>  ▪ Location and approval (infrastructure , expiration authorization procedure)<br>  ▪ Focus at the whole concept ( advantages, disadvantages , risks and opportunities , discussion )<br>• Grading: No Exam , but presentation of the results of the working group |
| **Literatur** | **Literatur:**<br>Einführung in die Abfallwirtschaft; Martin Kranert, Klaus Cord-Landwehr (Hrsg.); Vieweg + Teubner Verlag; 2010<br>Powerpoint-Folien in Stud IP<br><br>**Literature:**<br>Introduction to Waste Management; Kranert Martin , Klaus Cord - Landwehr (Ed. ), Vieweg + Teubner Verlag , 2010<br>PowerPoint slides in Stud IP |

## Modul M0896: Bioprocess and Biosystems Engineering

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Auslegung und Betrieb von Bioreaktoren (L1034) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Bioreaktoren und Biosystemtechnik (L1037) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 1 | 2 |
| Biosystemtechnik (L1036) | Vorlesung | 2 | 2 |

**Modulverantwortlicher**: Prof. An-Ping Zeng

**Zulassungsvoraussetzungen**: None

**Empfohlene Vorkenntnisse**: Knowledge of bioprocess engineering and process engineering at bachelor level

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse**: Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

**Fachkompetenz**

*Wissen*

After completion of this module, participants will be able to:

- differentiate between different kinds of bioreactors and describe their key features
- identify and characterize the peripheral and control systems of bioreactors
- depict integrated biosystems (bioprocesses including up- and downstream processing)
- name different sterilization methods and evaluate those in terms of different applications
- recall and define the advanced methods of modern systems-biological approaches
- connect the multiple "omics"-methods and evaluate their application for biological questions
- recall the fundamentals of modeling and simulation of biological networks and biotechnological processes and to discuss their methods
- assess and apply methods and theories of genomics, transcriptomics, proteomics and metabolomics in order to quantify and optimize biological processes at molecular and process levels.

*Fertigkeiten*

After completion of this module, participants will be able to:

- describe different process control strategies for bioreactors and chose them after analysis of characteristics of a given bioprocess
- plan and construct a bioreactor system including peripherals from lab to pilot plant scale
- adapt a present bioreactor system to a new process and optimize it
- develop concepts for integration of bioreactors into bioproduction processes
- combine the different modeling methods into an overall modeling approach, to apply these methods to specific problems and to evaluate the achieved results critically
- connect all process components of biotechnological processes for a holistic system view.

**Personale Kompetenzen**

*Sozialkompetenz*

After completion of this module, participants will be able to debate technical questions in small teams to enhance the ability to take position to their own opinions and increase their capacity for teamwork.

The students can reflect their specific knowledge orally and discuss it with other students and teachers.

*Selbstständigkeit*

After completion of this module, participants will be able to solve a technical problem in teams of approx. 8-12 persons independently including a presentation of the results.

-

**Arbeitsaufwand in Stunden**: Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70

**Leistungspunkte**: 6

**Studienleistung**

| Verpflichtend | Bonus | Art der Studienleistung | Beschreibung |
|---|---|---|---|
| Ja | 20 % | Referat | |

**Prüfung**: Klausur

**Prüfungsdauer und -umfang**: 120 min

**Zuordnung zu folgenden Curricula**

Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht
Chemical and Bioprocess Engineering: Kernqualifikation: Pflicht
Environmental Engineering: Vertiefung Biotechnologie: Wahlpflicht
Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht
Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht
Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht

| Lehrveranstaltung L1034: Bioreactor Design and Operation | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. An-Ping Zeng, Dr. Johannes Möller |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | **Design of bioreactors and peripheries:**<br>• reactor types and geometry<br>• materials and surface treatment<br>• agitation system design<br>• insertion of stirrer<br>• sealings<br>• fittings and valves<br>• peripherals<br>• materials<br>• standardization<br>• demonstration in laboratory and pilot plant<br>**Sterile operation:**<br>• theory of sterilisation processes<br>• different sterilisation methods<br>• sterilisation of reactor and probes<br>• industrial sterile test, automated sterilisation<br>• introduction of biological material<br>• autoclaves<br>• continuous sterilisation of fluids<br>• deep bed filters, tangential flow filters<br>• demonstration and practice in pilot plant<br>**Instrumentation and control:**<br>• temperature control and heat exchange<br>• dissolved oxygen control and mass transfer<br>• aeration and mixing<br>• used gassing units and gassing strategies<br>• control of agitation and power input<br>• pH and reactor volume, foaming, membrane gassing<br>**Bioreactor selection and scale-up:**<br>• selection criteria<br>• scale-up and scale-down<br>• reactors for mammalian cell culture<br>**Integrated biosystem:**<br>• interactions and integration of microorganisms, bioreactor and downstream processing<br>• Miniplant technologies<br>**Team work with presentation:**<br>• Operation mode of selected bioprocesses (e.g. fundamentals of batch, fed-batch and continuous cultivation) |
| **Literatur** | • Storhas, Winfried, Bioreaktoren und periphere Einrichtungen, Braunschweig: Vieweg, 1994<br>• Chmiel, Horst, Bioprozeßtechnik; Springer 2011<br>• Krahe, Martin, Biochemical Engineering, Ullmann‘s Encyclopedia of Industrial Chemistry<br>• Pauline M. Doran, Bioprocess Engineering Principles, Second Edition, Academic Press, 2013<br>• Other lecture materials to be distributed |

| Lehrveranstaltung L1037: Bioreactors and Biosystems Engineering | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. An-Ping Zeng, Dr. Johannes Möller |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | **Introduction to Biosystems Engineering (Exercise)**<br><br>**Experimental basis and methods for biosystems analysis**<br>• Introduction to genomics, transcriptomics and proteomics<br>• More detailed treatment of metabolomics<br>• Determination of in-vivo kinetics<br>• Techniques for rapid sampling<br>• Quenching and extraction<br>• Analytical methods for determination of metabolite concentrations<br><br>**Analysis, modelling and simulation of biological networks**<br>• Metabolic flux analysis<br>• Introduction<br>• Isotope labelling<br>• Elementary flux modes<br>• Mechanistic and structural network models<br>• Regulatory networks<br>• Systems analysis<br>• Structural network analysis<br>• Linear and non-linear dynamic systems<br>• Sensitivity analysis (metabolic control analysis)<br><br>**Modelling and simulation for bioprocess engineering**<br>• Modelling of bioreactors<br>• Dynamic behaviour of bioprocesses<br>**Selected projects for biosystems engineering**<br>• Miniaturisation of bioreaction systems<br>• Miniplant technology for the integration of biosynthesis and downstream processin<br>• Technical and economic overall assessment of bioproduction processes |
| **Literatur** | E. Klipp et al. Systems Biology in Practice, Wiley-VCH, 2006<br><br>R. Dohrn: Miniplant-Technik, Wiley-VCH, 2006<br><br>G.N. Stephanopoulos et. al.: Metabolic Engineering, Academic Press, 1998<br><br>I.J. Dunn et. al.: Biological Reaction Engineering, Wiley-VCH, 2003<br><br>Lecture materials to be distributed |

| Lehrveranstaltung L1036: Biosystems Engineering | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. An-Ping Zeng |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | **Introduction to Biosystems Engineering**<br><br>**Experimental basis and methods for biosystems analysis**<br>• Introduction to genomics, transcriptomics and proteomics<br>• More detailed treatment of metabolomics<br>• Determination of in-vivo kinetics<br>• Techniques for rapid sampling<br>• Quenching and extraction<br>• Analytical methods for determination of metabolite concentrations<br><br>**Analysis, modelling and simulation of biological networks**<br>• Metabolic flux analysis<br>• Introduction<br>• Isotope labelling<br>• Elementary flux modes<br>• Mechanistic and structural network models<br>• Regulatory networks<br>• Systems analysis<br>• Structural network analysis<br>• Linear and non-linear dynamic systems<br>• Sensitivity analysis (metabolic control analysis)<br><br>**Modelling and simulation for bioprocess engineering**<br>• Modelling of bioreactors<br>• Dynamic behaviour of bioprocesses<br><br>**Selected projects for biosystems engineering**<br>• Miniaturisation of bioreaction systems<br>• Miniplant technology for the integration of biosynthesis and downstream processin<br>• Technical and economic overall assessment of bioproduction processes |
| **Literatur** | E. Klipp et al. Systems Biology in Practice, Wiley-VCH, 2006<br><br>R. Dohrn: Miniplant-Technik, Wiley-VCH, 2006<br><br>G.N. Stephanopoulos et. al.: Metabolic Engineering, Academic Press, 1998<br><br>I.J. Dunn et. al.: Biological Reaction Engineering, Wiley-VCH, 2003<br><br>Lecture materials to be distributed |

## Modul M0749: Abfallbehandlung und Feststoffverfahrenstechnik

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen (L0052) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Thermische Abfallbehandlung (L0320) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Thermische Abfallbehandlung (L1177) | Hörsaalübung | 1 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Kerstin Kuchta |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Thermodynamik,<br><br>Grundlagen Strömungsmechanik<br><br>Grundlagen der Chemie |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können aktuelle Frage- und Problemstellungen aus dem Gebiet der thermischen Abfallbehandlungstechnik und der Feststoffverfahrenstechnik benennen, beschreiben und in den Gesamtkontext des Fachs einordnen.<br><br>Dabei können sie verschiedene Arten von Verbrennungs- und Aufbereitungstechniken unterscheiden und beschreiben, zum Beispiel<br>Rostfeuerung, Pyrolyse, Pelletierung.<br><br>Die Studierenden sind in der Lage, Apparate der thermischen Abfallbehandlungstechnik und der Feststoffverfahrenstechnik zu konzipieren und auszulegen. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden sind in der Lage, geeignete Verfahren für die Behandlung bestimmter Abfälle oder Rohstoffe in Abhängigkeit von deren Charakteristika und den Zielsetzungen auszuwählen. Sie können den technischen Aufwand und die ökologischen Folgen der Technologien abschätzen . |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können<br><br>• respektvoll in der Gruppe lernen und technische Fragestellungen diskutieren,<br>• wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifische und fachübergreifende diskutieren,<br>• gemeinsame Lösungen entwickeln,<br>• fachliche konstruktives Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihrem eigenen Leistungen umgehen. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über das jeweilige Fachgebiet erschließen, sich das darin enthaltene Wissen aneignen und auf neue Fragestellungen transformieren. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und dieser Basis weitere Fragestellungen und für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte zu definieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 120 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0052: Feststoffverfahrenstechnik für Biomassen | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Werner Sitzmann |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Die großtechnische Anwendung verfahrenstechnischer Grundoperationen wird an aktuellen Beispielen der Verarbeitung fester Biomassen demonstriert. Hierzu gehören unter anderem: Zerkleinern, Fördern und Dosieren, Trocknen und Agglomerieren nachwachsender Rohstoffe im Rahmen der Herstellung von Brennnstoffen, der Bioethanolerzeugung, der Gewinnung und Veredelung von Pflanzenölen, von Biomass-to-liquid-Prozessen sowie der Herstellung von wood-plasic-composites. Aspekte zum Explosionsschutz und zur Anlagenplanung ergänzen die Vorlesung. |
| **Literatur** | Kaltschmitt M., Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Bioamsse, Springer Verlag, 2001, ISBN 3-540-64853-4<br><br>Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe,<br><br>Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. www.nachwachsende-rohstoffe.de<br><br>Bockisch M.: Nahrungsfette und -öle, Ulmer Verlag, 1993, ISBN 380000158175 |

| Lehrveranstaltung L0320: Thermal Waste Treatment | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Kerstin Kuchta |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Introduction, actual state-of-the-art of waste incineration, aims. legal background, reaction principals<br>• basics of incineration processes: waste composition, calorific value, calculation of air demand and flue gas composition<br>• Incineration techniques: grate firing, ash transfer, boiler<br>• Flue gas cleaning: Volume, composition, legal frame work and emission limits, dry treatment, scrubber, de-nox techniques, dioxin elimination, Mercury elimination<br>• Ash treatment: Mass, quality, treatment concepts, recycling, disposal |
| **Literatur** | Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Thermische Abfallbehandlung Bande 1-7. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 196 - 2013. |

| Lehrveranstaltung L1177: Thermal Waste Treatment | |
|---|---|
| **Typ** | Hörsaalübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 46, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Kerstin Kuchta |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

## Modul M1709: Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2693) | Integrierte Vorlesung | 2 | 3 |
| Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2695) | Gruppenübung | 2 | 3 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Mirko Skiborowski |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen im Bereich der mathematischen Modellierung und numersichen Mathematik, sowie ein grundlegendes Verständniss verfahrenstechnsicher Prozesse.<br><br>Insbesondere die Inhalte des Moduls Prozess- und Anlagentechnik II |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Das Modul bietet einen generellen Einstieg in die Grundlagen und Möglichkeiten der angewandten mathematischen Optimierung und behandelt dabei Anwendungsgebiete auf unterschiedlichen Skalen von der Identifikation kinetischer Modelle, über die optimale Auslegung von Grundoperationen bis hin zur Optimierung ganzer (Teil-)prozesse und der Produktionsplanung. Dabei werden neben den Grundlagen der Klassifikation und Formulierung von Optimierungsproblemen, unterschiedliche Lösungsansätze und deren Anwendung diskutiert, wobei neben deterministischen gradientenbasierten Verfahren ebenfalls Metaheuristiken wie evolutionäre und genetische Algorithmen besprochen werden.<br><br>•Einführung in die angewandte Optimierung<br><br>• Formulierung von Optimierungsproblemen<br><br>• Lineare Optimierung<br><br>• Nichtlineare Optimierung<br><br>• Gemischt-ganzzahlige (nicht)lineare Optimierung<br><br>• Mehrkriterielle Optimierung<br><br>• Globale Optimierung |
| *Fertigkeiten* | Studierende können nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Angeandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik" die unterschiedlichen Arten von Optimierungsproblemen formulieren und in dafür geeigneiter Software wie Matlab und GAMS entsprechende Lösungsverfahren auszuwählen und weiterführende Lösungsstrategien zu entwickeln. Daüber hinaus sind Sie in der Lage die Ergebnisse entsprechend zu interpretieren und kritisch zu prüfen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Studierende sind in der Lage:<br><br>•in heterogenen Kleingruppen gemeinsam Lösungswege zu erarbeiten |
| *Selbstständigkeit* | Studierende sind in der Lage:<br><br>•sich anhand weiterführender Literatur zum Thema daraus Wissen zu erschließen |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Mündliche Prüfung |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 35 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L2693: Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Integrierte Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Mirko Skiborowski |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Die Vorlesung bietet einen generellen Einstieg in die Grundlagen und Möglichkeiten der angewandten mathematischen Optimierung und behandelt dabei Anwendungsgebiete auf unterschiedlichen Skalen von der Identifikation kinetischer Modelle, über die optimale Auslegung von Grundoperationen bis hin zur Optimierung ganzer (Teil-)prozesse und der Produktionsplanung. Dabei werden neben den Grundlagen der Klassifikation und Formulierung von Optimierungsproblemen, unterschiedliche Lösungsansätze und deren Anwendung diskutiert, wobei neben deterministischen gradientenbasierten Verfahren ebenfalls Metaheuristiken wie evolutionäre und genetische Algorithmen besprochen werden.<br><br>- Einführung in die angewandte Optimierung<br><br>- Formulierung von Optimierungsproblemen<br><br>- Lineare Optimierung<br><br>- Nichtlineare Optimierung<br><br>- Gemischt-ganzzahlige (nicht)lineare Optimierung<br><br>- Mehrkriterielle Optimierung<br><br>- Globale Optimierung |
| **Literatur** | Weicker, K., Evolutionäre Algortihmen, Springer, 2015<br><br>Edgar, T. F., Himmelblau D. M., Lasdon, L. S., Optimization of Chemical Processes, McGraw Hill, 2001<br><br>Biegler, L. Nonlinear Programming - Concepts, Algorithms, and Applications to Chemical Processes, 2010<br><br>Kallrath, J. Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis, Vieweg, 2002 |

| Lehrveranstaltung L2695: Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Mirko Skiborowski |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

## Modul M0902: Abwasserreinigung und Luftreinhaltung

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Biologische Abwasserreinigung (L0517) | Vorlesung | 2 | 3 |
| Technologie der Luftreinhaltung (L0203) | Vorlesung | 2 | 3 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Dr. Swantje Pietsch-Braune |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Biologie und Chemie<br><br>Grundlagen der Feststoffverfahrenstechnik und der Trenntechnik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden sind nach erfolgreichem Abschluss des Moduls in der Lage,<br><br>• biologische Verfahren der Abwasserbehandlung zu benennen und zu erklären,<br>• Abwasser und Schlamm zu charakterisieren,<br>• gesetzliche Vorgaben im Bereich der Emission und Immission zu erläutern,<br>• den Einfluss verschiedener Emissionen auf die Umwelt zu erklären,<br>• Verfahren zur Abgasreinigung zu benennen und zu erklären und deren Einsatzbereich zu benennen |
| *Fertigkeiten* | Studenten sind in der Lage<br><br>• Prozesschritte zur Abwasserbehandlung auszuwählen und auszulegen,<br>• Anlagen zur Behandlung in Abhängigkeit der Schadkomponenten zusammenzustellen und auszulegen |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | |
| *Selbstständigkeit* | |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 90 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bauingenieurwesen: Vertiefung Wasser und Verkehr: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Environmental Engineering: Vertiefung Abfall und Energie: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Wasser: Wahlpflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Umwelt: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Vertiefung Stadt: Pflicht |

### Lehrveranstaltung L0517: Biologische Abwasserreinigung

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Joachim Behrendt |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Charakterisierung von Abwasser<br>Stoffwechseltypen von Mikroorganismen<br>Kinetik biologischer Stoffumwandlung<br>Berechnung von Bioreaktoren zur Abwasserreinigung<br>Konzepte in der biologischen Abwasserreinigung<br>Design WWTP<br>Exkursion zur Kläranlage Seevetal Klüsing<br>Biofilme<br>Biofilmreaktoren<br>Anaerobe Verfahren<br>Resoursen orientierte Sanitärtechnik<br>Zukünftige Herausforderungen in der Abwasserforschung |
| **Literatur** | **Gujer, Willi**<br>Siedlungswasserwirtschaft : mit 84 Tabellen<br>ISBN: 3540343296 (Gb.) URL: http://www.gbv.de/dms/bs/toc/516261924.pdf URL: http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2842122&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm |

| | |
|---|---|
| | Berlin [u.a.] : Springer, 2007<br>TUB_HH_Katalog<br>**Henze, Mogens**<br>Wastewater treatment : biological and chemical processes<br>ISBN: 3540422285 (Pp.)<br>Berlin [u.a.] : Springer, 2002<br>TUB_HH_Katalog<br>**Imhoff, Karl** (Imhoff, Klaus R.;)<br>Taschenbuch der Stadtentwässerung : mit 10 Tafeln<br>ISBN: 3486263331 ((Gb.))<br>München [u.a.] : Oldenbourg, 1999<br>TUB_HH_Katalog<br>**Lange, Jörg** (Otterpohl, Ralf; Steger-Hartmann, Thomas;)<br>Abwasser : Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft<br>ISBN: 3980350215 (kart.) URL: http://www.gbv.de/du/services/agi/52567E5D44DA0809C12570220050BF25/000000700334<br>Donaueschingen-Pfohren : Mall-Beton-Verl., 2000<br>TUB_HH_Katalog<br>**Mudrack, Klaus** (Kunst, Sabine;)<br>Biologie der Abwasserreinigung : 18 Tabellen<br>ISBN: 382741427X URL: http://www.gbv.de/du/services/agi/94B581161B6EC747C1256E3F005A8143/420000114903<br>Heidelberg [u.a.] : Spektrum, Akad. Verl., 2003<br>TUB_HH_Katalog<br>**Tchobanoglous, George** (Metcalf & Eddy, Inc., ;)<br>Wastewater engineering : treatment and reuse<br>ISBN: 0070418780 (alk. paper) ISBN: 0071122508 (ISE (*pbk))<br>Boston [u.a.] : McGraw-Hill, 2003<br>TUB_HH_Katalog<br>**Henze, Mogens**<br>Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3<br>ISBN: 1900222248<br>London : IWA Publ., 2002<br>TUB_HH_Katalog<br>**Kunz, Peter**<br>Umwelt-Bioverfahrenstechnik<br>Vieweg, 1992<br>**Bauhaus-Universität., Arbeitsgruppe Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt** (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, ;)<br>Abwasserbehandlung : Gewässerbelastung, Bemessungsgrundlagen, Mechanische Verfahren, Biologische Verfahren, Reststoffe aus der Abwasserbehandlung, Kleinkläranlagen<br>ISBN: 3860682725 URL: http://www.gbv.de/dms/weimar/toc/513989765_toc.pdf URL: http://www.gbv.de/dms/weimar/abs/513989765_abs.pdf<br>Weimar : Universitätsverl, 2006<br>TUB_HH_Katalog<br>**Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall**<br>DWA-Regelwerk<br>Hennef : DWA, 2004<br>TUB_HH_Katalog<br>**Wiesmann, Udo** (Choi, In Su; Dombrowski, Eva-Maria;)<br>Fundamentals of biological wastewater treatment<br>ISBN: 3527312196 (Gb.) URL: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2774611&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm<br>Weinheim : WILEY-VCH, 2007<br>TUB_HH_Katalog |

| **Lehrveranstaltung L0203: Air Pollution Abatement** | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Swantje Pietsch-Braune, Christian Eichler |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | In the lecture methods for the reduction of emissions from industrial plants are treated. At the beginning a short survey of the different forms of air pollutants is given. In the second part physical principals for the removal of particulate and gaseous pollutants form flue gases are treated. Industrial applications of these principles are demonstrated with examples showing the removal of specific compounds, e.g. sulfur or mercury from flue gases of incinerators. |
| **Literatur** | Handbook of air pollution prevention and control, Nicholas P. Cheremisinoff. - Amsterdam [u.a.] : Butterworth-Heinemann, 2002<br>Atmospheric pollution : history, science, and regulation, Mark Zachary Jacobson. - Cambridge [u.a.] : Cambridge Univ. Press, 2002<br>Air pollution control technology handbook, Karl B. Schnelle. - Boca Raton [u.a.] : CRC Press, c 2002<br>Air pollution, Jeremy Colls. - 2. ed. - London [u.a.] : Spon, 2002 |

## Modul M0900: Ausgewählte Prozesse der Feststoffverfahrenstechnik

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Grundlagen der Wirbelschichttechnologie (L0431) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Praktikum Wirbelschichttechnologie (L1369) | Laborpraktikum | 1 | 1 |
| Technische Anwendungen der Partikeltechnologie (L0955) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Übungen zur Wirbelschichttechnologie (L1372) | Gruppenübung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Stefan Heinrich |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Kenntnisse aus dem Modul Partikletechnologie I |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, beispielhaft die Zusammenstellung von Prozessen der Feststoffverfahrenstechnik aus Apparaten und Verfahren der Partikeltechnologie zu beschreiben und das Zusammenwirken einzelner Teilprozesse in einem Gesamtprozess erläutern. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden sind in der Lage, Aufgabenstellungen in der Feststoffverfahrenstechnik zu analysieren und geeignete Prozessketten zusammenzustellen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Studierende sind in der Lage fachspezifische Inhalte in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Studierende sind dazu in der Lage fachspezifisches Wissen selbstständig zu vertiefen und in wissenschaftlicher Weise zu diskutieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | **Verpflichtend** Ja; **Bonus** Keiner; **Art der Studienleistung** Schriftliche Ausarbeitung; **Beschreibung** drei Berichte (pro Versuch ein Bericht) à 5-10 Seiten |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 120 Minuten |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |

### Lehrveranstaltung L0431: Fluidization Technology

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Stefan Heinrich |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Introduction: definition, fluidization regimes, comparison with other types of gas/solids reactors<br>Typical fluidized bed applications<br>Fluidmechanical principle<br>Local fluid mechanics of gas/solid fluidization<br>Fast fluidization (circulating fluidized bed)<br>Entrainment<br>Solids mixing in fluidized beds<br>Application of fluidized beds to granulation and drying processes |
| **Literatur** | Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991. |

| Lehrveranstaltung L1369: Practical Course Fluidization Technology | |
|---|---|
| **Typ** | Laborpraktikum |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Stefan Heinrich |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Experiments:<br>• Determination of the minimum fluidization velocity<br>• heat transfer<br>• granulation<br>• drying |
| **Literatur** | Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991. |

| Lehrveranstaltung L0955: Technische Anwendungen der Partikeltechnologie | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Werner Sitzmann |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Auf der Basis physikalischer Grundlagen werden die Grundoperationen Mischen, Trennen, Agglomerieren und Zerkleinern hinsichtlich ihrer technischen Anwendung aus Sicht des Praktikers diskutiert. Es werden Maschinen und Apparate vorgestellt, deren Aufbau und Wirkungsweise erklärt und ihre Einbindung in Produktionsprozesse der Chemie, der Lebens- und Futtermitteltechnik sowie der Endsorgungs- und Recyclingindustrie veranschaulicht. |
| **Literatur** | Stieß M: Mechanische Verfahrenstechnik I und II, Springer - Verlag, 1997 |

| Lehrveranstaltung L1372: Exercises in Fluidization Technology | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Stefan Heinrich |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Exercises and calculation examples for the lecture Fluidization Technology |
| **Literatur** | Kunii, D.; Levenspiel, O.: Fluidization Engineering. Butterworth Heinemann, Boston, 1991. |

## Modul M1424: Integration Erneuerbarer Energien

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Integration Erneuerbarer Energien I (L2049) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Integration Erneuerbarer Energien I (L2050) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Integration Erneuerbarer Energien II (L2051) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Integration Erneuerbarer Energien II (L2052) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Zukunftsfähige Mobilität (L0010) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Erneuerbaren Energien sowie des Energiesystems |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Mit Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die bisher erlernten fachlichen Grundlagen der verschiedenen Fachgebiete der Erneuerbaren Energien übergreifend einzusetzen und anzuwenden. Es werden aktuelle Problemstellungen in Bezug auf die Integration Erneuerbarer Energien im Energiesystem dargestellt und analysiert. Hierbei wird insbesondere auf die Sektoren Elektrizität, Wärme sowie Mobilität eingegangen, sodass die Studierenden Einblicke in sektorübergreifende Maßnahmen erlangen. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten Grundlagen auf verschiedene sektorenübergreifende Problemstellungen anwenden und in diesem Zusammenhang die Potentiale aber auch Grenzen der Sektorenkopplung im deutschen Energiesystem einschätzen und beurteilen. Insbesondere das Anwenden und Verknüpfen von bereits erlernten Methoden und Wissen soll hier von den Studierenden angewendet werden, sodass ein Weitblick über die verschiedenen Technologien erlangt wird. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können Problemstellungen in den Themengebieten der Sektorenkopplung und Integration von erneuerbaren Energien miteinander diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen auf Basis der Vorlesungsschwerpunkte über das Fachgebiet erschließen und Wissen aneignen. Des Weiteren können die Studierenden weitere Technologien und Kopplungsmöglichkeiten für das Energiesystem selbst recherchieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 180 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L2049: Integration Erneuerbarer Energien I | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung<br>2. Fossil dominiertes Energiesystem<br>3. Megatrends der Energiewende<br>4. Charakteristika der erneuerbaren Energiebereitstellungstechnologien - Strom<br>5. Integration EE-Strom I<br>6. Integration EE-Strom II<br>7. Charakteristika der erneuerbaren Energiebereitstellungstechnologien - Wärme<br>8. Integration EE-Wärme I<br>9. Integration EE-Wärme II<br>10. Charakteristika der erneuerbaren Energiebereitstellungstechnologien - Mobilität<br>11. Integration EE-Mobilität<br>12. Kommunikations- und Regelungstechnik<br>13. Verbrauchsminderung<br>14. Lastmanagement<br>15. Zusammenspiel von erneuerbarer Erzeugung und geregelter sinkender Nachfrage |
| **Literatur** | • D. Thrän (editor): Smart Bioenergy. Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems. Springer,Cham, Heielberg, New York, Dordrecht, London, 2015<br>• R. von Miller (Hrsg.): Lexikon der Energietechnik und Kraftmaschinen Band 6 und 7. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart 1965<br>• K. Naumann et. al.: Monitoring Biokraftstoffsektor. 3. Auflage, DBFZ Report Nr. 1, Leipzig, 2016<br>• M. Kaltschmitt, W. Streicher, A. Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. Auflage, Springer |

| Lehrveranstaltung L2050: Integration Erneuerbarer Energien I | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L2051: Integration Erneuerbarer Energien II | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung<br>2. Power-to-Hydrogen<br>3. Power-to-Gas<br>4. Power-to-Liquid<br>5. Power-to-Heat<br>6. Hybrid-Technologien<br>7. Verbund-Technologiekonzepte I<br>8. Verbund-Technologiekonzepte II<br>9. Anbindung an eine regenerative Industrieproduktion<br>10. Nutzung der Rückstände der erneuerbaren Energiebereitstellung<br>11. Biomasse als Systemstabilisator I<br>12. Biomasse als Systemstabilisator II<br>13. Systemmodellierung - Grundlagen<br>14. Systemmodellierung - Ansätze und Ergebnisse<br>15. Planungswerkzeuge |
| **Literatur** | • D. Thrän (editor): Smart Bioenergy. Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems. Springer,Cham, Heielberg, New York, Dordrecht, London, 2015<br>• R. von Miller (Hrsg.): Lexikon der Energietechnik und Kraftmaschinen Band 6 und 7. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart 1965<br>• K. Naumann et. al.: Monitoring Biokraftstoffsektor. 3. Auflage, DBFZ Report Nr. 1, Leipzig, 2016<br>• M. Kaltschmitt, W. Streicher, A. Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. Auflage, Springer Berlin Heidelberg, 2006<br>• Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Die Energie der Zukunft. |

| Lehrveranstaltung L2052: Integration Erneuerbarer Energien II | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L0010: Zukunftsfähige Mobilität | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Karsten Wilbrand |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Globale Megatrends und zukünftige Herausforderungen der Energieversorgung<br>• Energieszenarien bis 2060 und Bedeutung für den Mobilitätssektor<br>• Nachhaltiger Luft-, Schiffs-, Schienen und Strassenverkehr<br>• Entwicklungen bei Fahrzeug- und Antriebs-Technologie<br>• Überblick Heutige Kraftstoffe (Produktion und Einsatz)<br>• Biokraftstoffe der 1. und 2. Generation (Verfügbarkeit, Produktion, Verträglichkeit)<br>• Erdgas (GTL, CNG, LNG)<br>• Elektromobilität mit Batterie und Wasserstoff-Brennstoffzelle<br>• Well-to-Wheel CO2 Analysen der verschiedenen Optionen<br>• Rechtlicher Rahmen für Personen und Güterverkehr |
| **Literatur** | • Eigene Unterlagen<br>• Veröffentlichungen<br>• Fachliteratur |

## Modul M1354: Advanced Fuels

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe (L2414) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor (L1926) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Mobilität und Klimaschutz (L2416) | Gruppenübung | 2 | 2 |
| Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen (L2415) | Vorlesung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden lernen innerhalb des Moduls verschiedene Bereitstellungspfade zur Herstellung von Advanced Fuels (Biokraftstoffe wie z. B. Alcohol-to-Jet; Strom-basierte Kraftstoffe wie z. B. Power-to-Liquid) kennen. Dazu werden die verschiedenen Verfahrensketten erläutert und die regulatorischen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Kraftstoffproduktion beleuchtet. Hierzu gehören beispielsweise die Anforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II sowie die Voraussetzungen und Aspekte für einen Markthochlauf dieser Kraftstoffe. Für die ganzheitliche Bewertung der verschiedenen Kraftstoffoptionen werden diese abschließend unter ökologischen und ökonomischen Faktoren betrachtet. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme des Moduls in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik:<br>• Modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Kraftstoffproduktionsprozessen bzw. den entsprechenden Bereitstellungsketten<br>• Umfangreiche Analyse verschiedener Kraftstoffbereitstellungsoptionen in technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht<br>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Vorlesungen und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Fragestellungen und die für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte definieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Verpflichtend: Ja; Bonus: 20 %; Art der Studienleistung: Schriftliche Ausarbeitung; Beschreibung: Details werden in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben. |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 2 Stunden Klausur |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht |

### Lehrveranstaltung L2414: Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Allgemeine Übersicht über verschiedene strombasierte Kraftstoffe und deren Prozesspfade, u.a. Power-to-Liquid Prozess (Fischer-Tropsch-Synthese, Methanol Synthese), Power-to-Gas (Sabatier-Prozess)<br>• Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe |
| **Literatur** | • Vorlesungsskript |

| Lehrveranstaltung L1926: Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Karsten Wilbrand |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Allgemeine Übersicht über verschiedene Advanced Biofuels und deren Prozesspfade (u.a. Gas-to-Liquid, HEFA und Alcohol-to-Jet Prozesse)<br>• Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe |
| **Literatur** | • Babu, V.: Biofuels Production. Beverly, Mass: Scrivener [u.a.], 2013<br>• Olsson, L.: Biofuels. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007<br>• William, L. L.: Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5<br>• Perry, R.; Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 20<br>• Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014<br>• Kaltschmitt, M.; Neuling, U. (Ed.): Biokerosene - Status and Prospects; Springer, Berlin, Heidelberg, 2018 |

| Lehrveranstaltung L2416: Mobilität und Klimaschutz | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Benedikt Buchspies, Dr. Karsten Wilbrand |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Anwendung der erlernten theoretischen Kenntnisse aus den jeweiligen Vorlesungen anhand konkreter Aufgaben aus der Praxis<br>• Auslegung und Simulation von Teilprozessen der Produktionsprozesse in Aspen Plus ®<br>• Ökologische und ökonomische Analyse von Kraftstoffbereitstellungspfaden<br>• Einordnung von Fallbeispielen in geltende Regularien |
| **Literatur** | • Skriptum zur Vorlesung<br>• Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide |

| Lehrveranstaltung L2415: Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Benedikt Buchspies |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Gesamtheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Kraftstoffpfade mit u. a folgenden Themenschwerpunkten:<br>• Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Kraftstoffe<br>• Ökonomische Betrachtung der verschiedenen alternativen Kraftstoffe<br>• Regulatorischer Rahmen alternativer Kraftstoffe<br>• Zertifizierung von alternativen Kraftstoffen<br>• Markteinführungsmodelle alternativer Kraftstoffe |
| **Literatur** | • European Commission - Joint Research Center (2010): International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. Joint Research Center (JRC) Institut for Environment and Sustainability, Luxembourg<br>• Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen |

## Fachmodule der Vertiefung Solare Energiesysteme

Innerhalb der Vertiefungsrichtung „Solare Energiesysteme“ werden weiterführende Kenntnisse in der theoretischen Funktionsweise von Photovoltaikzellen und der Eigenschaften der Materialien zur Herstellung dieser vermittelt. Zudem werden weiterführende Informationen zu Auslegung, Führung und Optimierung elektrischer Energiesysteme gelehrt, um Herausforderungen beim Einsatz solarer Energiesysteme in bestehenden Netzen aufzuzeigen und zu bewerten.

Innerhalb der Vertiefungsrichtung „Solare Energiesysteme“ haben Studierende die Möglichkeit ein Auslandssemester an der „University of Jordan“ in Amman, Jordanien, gefördert zu bekommen. Innerhalb dieses Auslandsaufenthaltes sollen zusätzliche Module im Bereich „Solare Energiesysteme“ belegt werden, deren Leistungspunkte an TUHH nach Absprache anerkannt werden.

Weiterhin können Studierende innerhalb der Vertiefungsrichtung „Solare Energiesysteme“ in Kooperation mit der International Hellenic University in Thessaloniki, Griechenland das Modul "Modelling and simulation of Building Integrated Solar Energy systems" belegen, welches nach Absprache an der TUHH anerkannt werden kann. Der Austausch wird ebenfalls gefördert.

**Studierende, welche beabsichtigen die Vertiefung „Solare Energiesysteme“ zu belegen, werden gebeten sich in jedem Falle frühzeitig an den Studiengangsleiter für weitere Informationen zum Studienverlauf und Auslandsaufenthalt zu wenden.**

### Modul M1343: Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L1894) | Vorlesung | 2 | 3 |
| Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L2614) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 2 | 2 |
| Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L2613) | Hörsaalübung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen aus der Chemie / Physik / Werkstoffkunde |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Studierende können<br>- die Grundlagen der Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) und ihrer Konstituenten (Faser / Matrix) wiedergeben und kennen die entsprechenden Prüf- und Analysemethoden.<br>- die komplexen Zusammenhänge Struktur-Eigenschaftsbeziehung erklären.<br>- die Wechselwirkungen von chemischen Aufbau der Polymere, deren Verarbeitung mit den unterschiedlichen Fasertypen unter Einbeziehung fachangrenzender Kontexte erläutern (z.B. Nachhaltigkeit, Umweltschutz). |
| *Fertigkeiten* | Studierende sind in der Lage standardisierte Berechnungsmethoden in einem angegebenen Kontext einzusetzen, um<br>• mechanische Eigenschaften (Modul, Festigkeit) zu berechnen und die unterschiedlichen Materialien zu bewerten.<br>• überschlägige Dimensionierung mit Hilfe der Netztheorie der Konstruktionselemente durchführen und bewerten.<br>• für werkstoffliche Probleme geeignete Lösungen auszuwählen und zu Dimensionieren z.B. Steifigkeit, Korrosion, Festigkeit. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Studierende können<br>• in heterogen Gruppen zu fundierten Arbeitsergebnissen kommen und diese dokumentieren.<br>• angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen. |
| *Selbstständigkeit* | Studierende sind fähig,<br>- eigene Stärken und Schwächen einzuschätzen.<br>- ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte zu definieren.<br>- mögliche Konsequenzen ihres beruflichen Handelns einzuschätzen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 90 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht<br>Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht<br>Mechanical Engineering and Management: Kernqualifikation: Pflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Pflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht |

| | |
|---|---|
| | Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>~~Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Materialwissenschaften: Wahlpflicht~~ |

| **Lehrveranstaltung L1894: Structure and properties of fibre-polymer-composites** | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | - Microstructure and properties of the matrix and reinforcing materials and their interaction<br>- Development of composite materials<br>- Mechanical and physical properties<br>- Mechanics of Composite Materials<br>- Laminate theory<br>- Test methods<br>- Non destructive testing<br>- Failure mechanisms<br>- Theoretical models for the prediction of properties<br>- Application |
| **Literatur** | Hall, Clyne: Introduction to Composite materials, Cambridge University Press<br>Daniel, Ishai: Engineering Mechanics of Composites Materials, Oxford University Press<br>Mallick: Fibre-Reinforced Composites, Marcel Deckker, New York |

| **Lehrveranstaltung L2614: Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde** | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | |
| **Literatur** | |

| **Lehrveranstaltung L2613: Structure and properties of fibre-polymer-composites** | |
|---|---|
| **Typ** | Hörsaalübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | |
| **Literatur** | |

## Modul M0643: Optoelectronics I - Wave Optics

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Optoelektronik I: Wellenoptik (L0359) | Vorlesung | 2 | 3 |
| Optoelektronik I: Wellenoptik (Übung) (L0361) | Gruppenübung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Dr. Alexander Petrov |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | None |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Basics in electrodynamics, calculus |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Students can explain the fundamental mathematical and physical relations of freely propagating optical waves.<br>They can give an overview on wave optical phenomena such as diffraction, reflection and refraction, etc.<br>Students can describe waveoptics based components such as electrooptical modulators in an application oriented way. |
| *Fertigkeiten* | Students can generate models and derive mathematical descriptions in relation to free optical wave propagation.<br>They can derive approximative solutions and judge factors influential on the components' performance. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Students can jointly solve subject related problems in groups. They can present their results effectively within the framework of the problem solving course. |
| *Selbstständigkeit* | Students are capable to extract relevant information from the provided references and to relate this information to the content of the lecture. They can reflect their acquired level of expertise with the help of lecture accompanying measures such as exam typical exam questions. Students are able to connect their knowledge with that acquired from other lectures. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42 |
| **Leistungspunkte** | 4 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 60 Minuten |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Elektrotechnik: Vertiefung Nanoelektronik und Mikrosystemtechnik: Wahlpflicht<br>Elektrotechnik: Vertiefung HF-Technik, Optik und Elektromagnetische Verträglichkeit: Wahlpflicht<br>Materialwissenschaft: Vertiefung Nano- und Hybridmaterialien: Wahlpflicht<br>Microelectronics and Microsystems: Vertiefung Microelectronics Complements: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht |

### Lehrveranstaltung L0359: Optoelectronics I: Wave Optics

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Alexander Petrov |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Introduction to optics<br>• Electromagnetic theory of light<br>• Interference<br>• Coherence<br>• Diffraction<br>• Fourier optics<br>• Polarisation and Crystal optics<br>• Matrix formalism<br>• Reflection and transmission<br>• Complex refractive index<br>• Dispersion<br>• Modulation and switching of light |
| **Literatur** | Bahaa E. A. Saleh, Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley 2007<br>Hecht, E., Optics, Benjamin Cummings, 2001<br>Goodman, J.W. Statistical Optics, Wiley, 2000<br>Lauterborn, W., Kurz, T., Coherent Optics: Fundamentals and Applications, Springer, 2002 |

| Lehrveranstaltung L0361: Optoelectronics I: Wave Optics (Problem Solving Course) | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Alexander Petrov |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics |
| **Literatur** | see lecture Optoelectronics 1 - Wave Optics |

## Modul M0932: Prozessmesstechnik

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Prozessmesstechnik (L1077) | Vorlesung | 2 | 3 |
| Prozessmesstechnik (L1083) | Hörsaalübung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Roland Harig |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Elektrotechnik und der Messtechnik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden besitzen ein Verständnis für prozessmesstechnische Zusammenhänge und Messtechnik weitverzweigter Anlagen. Die Studierenden kennen übliche Verfahren zur Verarbeitung und Übertragung von Signalen. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können komplexe Sensor- und Messdatenübertragungssysteme modellieren und bewerten. Hierbei steht insbesondere das systemorientierte Denken im Vordergrund. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Technische Zusammenhänge können in englischer Sprache kommuniziert werden. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden sind in der Lage, die notwendigen Informationen aus den angegebenen Literaturquellen zu beschaffen und in den Kontext der Vorlesung zu setzen. Sie können ihren Wissensstand mit Hilfe vorlesungsbegleitender Maßnahmen kontinuierlich reflektieren und auf dieser Basis ihren Lernprozess steuern. Sie können ihr erlangtes Wissen mit den Inhalten anderer Lehrveranstaltungen (z.B. Grundlagen der Elektrotechnik, Analysis, Stochastische Prozesse, Nachrichtenübertragung) verknüpfen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42 |
| **Leistungspunkte** | 4 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Mündliche Prüfung |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 45 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L1077: Prozessmesstechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Roland Harig |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Prozessmesstechnik im Rahmen der Prozessleittechnik<br>  ◦ Aufgaben der Prozessmesstechnik<br>  ◦ Instrumentierung von Prozessen<br>  ◦ Klassifizierung der Aufnehmer<br>• Systemtheorie in der Prozessmesstechnik<br>  ◦ Allgemeine lineare Beschreibung der Aufnehmer<br>  ◦ Mathematische Beschreibung von allgemeinen Zweitoren<br>  ◦ Fourier- und Laplace-Transformation<br>• Korrelationsmesstechnik<br>  ◦ Bedeutung von Breitbandsignalen für die Korrelationsmesstechnik<br>  ◦ Auto- und Kreuzkorrelationsfunktion, sowie Anwendungen<br>  ◦ Störfestigkeit von Korrelationsverfahren<br>• Übertragung von analogen und digitalen Messsignalen in der Prozessmesstechnik<br>  ◦ Modulationsverfahren (Amplituden-/Frequenzmodulation)<br>  ◦ Multiplexverfahren zur Datenübertragung<br>  ◦ Analog-Digital-Wandler |
| **Literatur** | - Färber: „Prozeßrechentechnik“, Springer-Verlag 1994<br>- Kiencke, Kronmüller: „Meßtechnik“, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1995<br>- A. Ambardar: „Analog and Digital Signal Processing“ (1), PWS Publishing Company, 1995, NTC 339<br>- A. Papoulis: „Signal Analysis“ (1), McGraw-Hill, 1987, NTC 312 (LB)<br>- M. Schwartz: „Information Transmission, Modulation and Noise“ (3,4), McGraw-Hill, 1980, 2402095<br>- S. Haykin: „Communication Systems“ (1,3), Wiley&Sons, 1983, 2419072<br>- H. Sheingold: „Analog-Digital Conversion Handbook“ (5), Prentice-Hall, 1986, 2440072<br>- J. Fraden: „AIP Handbook of Modern Sensors“ (5,6), American Institute of Physics, 1993, MTB 346 |

| Lehrveranstaltung L1083: Prozessmesstechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Hörsaalübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Roland Harig |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

## Modul M1425: Leistungselektronik

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Leistungselektronik (L2053) | Vorlesung | 2 | 4 |
| Leistungselektronik (L2054) | Gruppenübung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Elektrotechnik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Den Studierenden werden die Grundlagen der Stromrichtertechnik und der modernen Leistungselektronik vermittelt. Ferner werden die wesentlichen Eigenschaften konventioneller und moderner Leistungshalbleiter vorgestellt und deren Ansteuerverfahren präsentiert. Ebenso lernen die Studierenden die wichtigsten Schaltungstopologien der selbstgeführten Stromrichter und deren Steuerverfahren kennen. |
| *Fertigkeiten* | Neben den Grundlagen der Stromrichterkommutierung lernen die Studierenden Methoden zur Bestimmung der Durchlass- und Schaltverluste der Bauelemente kennen. An einfachen Beispielen lernen die Teilnehmer Methoden zur mathematischen Beschreibung des Übertragungsverhaltens leistungselektronischer Schaltungen kennen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können Problemstellungen in angrenzenden Themengebieten im Bereich der Photovoltaik und Leistungselektronik mit Kommilitonen diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen auf Basis der Vorlesungsschwerpunkte über das Fachgebiet erschließen und das erlangte Wissen auf weitere Bereich übertragen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 120 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht |

### Lehrveranstaltung L2053: Leistungselektronik

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 4 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 92, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Klaus Hoffmann |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Grundlagen der Leistungselektronik<br>  ◦ Einteilung der Stromrichter nach ihrer inneren und äußeren Wirkungsweise<br>  ◦ Vorstellung von modernen Umrichtersystemen<br>• Einführung Leistungshalbleiter<br>  ◦ Einsatzgebiete und Einsatzgrenzen moderner Leistungshalbleiter<br>  ◦ Leistungsdioden und konventionelle Leistungshalbleiter (Thyristor und GTO)<br>  ◦ Moderne Leistungshalbleiter: Leistungs-MOSFET, IGBT und IGCT<br>  ◦ Durchlass- und Schaltverluste<br>  ◦ Kommutierungsvorgänge in modernen Stromrichterschaltungen<br>  ◦ Entwicklungstrends im Bereich Leistungshalbleiter<br>• Einführung in selbstgeführte Stromrichterschaltungen<br>  ◦ Gleichstromwandler mit abschaltbaren Leistungshalbleitern<br>  ◦ Steuerverfahren (Pulsweitenmodulation, Toleranzbandregelung)<br>  ◦ H-Brückentopologie mit modernen abschaltbaren Leistungshalbleitern in getakteten Wechselrichter-und Gleichrichterbetrieb<br>  ◦ Dreiphasige Brückenschaltung mit modernen abschaltbaren Leistungshalbleitern<br>• Kurze Einführung in die netzgeführten Stromrichterschaltungen |
| **Literatur** | Hilfsblätter und Literaturhinweise werden im Rahmen der Vorlesung ausgeteilt. |

| Lehrveranstaltung L2054: Leistungselektronik | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Klaus Hoffmann |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

## Modul M1287: Risikomanagement, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Angewandte Brennstoffzellentechnologie (L1831) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Risikomanagement in der Energiewirtschaft (L1748) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Wasserstofftechnologie (L0060) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Keine |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden die Grundlagen des Risikomanagements unter Einbeziehung fachangrenzender Kontexte erläutern und die optimale Nutzung von Energiesystemen beschreiben.<br><br>D e s Weiteren können die Studierenden solide theoretische Kenntnisse über die Potenziale und Anwendungen neuer Informationstechnologien in der Logistik wiedergeben und fachangrenzende Aspekte der Nutzung, Herstellung und Aufbereitung von Wasserstoff erläutern. |
| *Fertigkeiten* | Mit Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage Risiken von Energiesysteme unter energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu bewerten. Die beinhaltet auch, dass die Studierenden unter anderem in der Lage sind Risiken in der Einsatzplanung von Kraftwerkparks aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht zu beurteilen.<br><br>In diesem Zusammenhang können die Studierenden auch die Potenziale von Logistik- und Informationstechnologie insbesondere auf energetische Problemstellungen einschätzen.<br><br>Zusätzlich sind die Studierenden in der Lage den Energieträger Wasserstoff auf seine Anwendungsmöglichkeiten, die gegebene Sicherheit und bezüglich der vorhandenen Nutzungspotenziale und -grenzen zu beschreiben und aus technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht zu beurteilen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesungen erschließen und sich das enthaltene Wissen aneignen. Auf diese Weise erkennen sich eigenständig Schwächen innerhalb ihres Leistungsstandes. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 3 Stunden Klausur |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

### Lehrveranstaltung L1831: Angewandte Brennstoffzellentechnologie

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Klaus Bonhoff |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Die Vorlesung gibt einen Einblick in die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von Brennstoffzellen im Energiesystem (Strom, Wärme und Verkehr). Dazu werden für einzelne Brennstoffzellentypen und anwendungsorientierten Anforderungsprofile dargestellt und diskutiert; auch im Systemvergleich mit alternativen Technologien. Für die einzelnen Varianten wird der aktuelle Stand der Technologie mit Praxisbeispielen aus Deutschland und weltweit vorgestellt. Auch wird auf die sich abzeichnenden Entwicklungstendenzen und Entwicklungslinien - und die in den kommenden Jahren zu erwartenden Technologien - eingegangen. Neben den technischen Aspekten, die den Schwerpunkt der Veranstaltung darstellen, werden auch energie-, umwelt- und industriepolitische Aspekte - auch im Kontext der sich verändernden Gegebenheiten im deutschen und internationalen Energiesystem - diskutiert.<br>Thema: Einführung in die Brennstoffzellentechnologie<br>Inhalte:<br>• Nachhaltiges Energiesystem (Ausbau erneuerbarer Energien, Dezentralisierung, ...)<br>• Sektorkopplung (Strom, Wärme, Verkehr)<br>• Politischer Rahmen (Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, ...)<br>• Regulativer Rahmen (EU-Richtlinien, Nationale Gesetzgebung)<br>• Vorteile der Brennstoffzelle (Systemwirkungsgrad, Emissionen, ...)<br>• Innovationsprozess / Einordnung BZ<br>• Anwendungsfelder für Brennstoffzellensysteme (Verkehr: |

| | | |
|---|---|---|
| | | Pkw, Busse (ÖPNV), Schiene; stationär: Hausenergieversorgung, KWK Industrie/Gewerbe; Spezielle Märkte: Logistikanwendungen (Gabelstapler, Flughäfen, ...), Stromversorgung für kritische Infrastrukturen (Behördenfunk, Telekommunikation, autarke Energiesysteme, ...) |
| | Technische Grundlagen von Brennstoffzellensystemen | • Einordnung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen (Hochtemperatur-, Niedertemperaturbrennstoffzellen)<br>• Anwendungsspezifische Systemanforderungen |
| | Brennstoffzellen-Pkw | • Historie<br>• Status Quo (Systemkonzepte, Speichertechnologien, ...)<br>• Internationaler Vergleich (Automobilindustrie, Politik, ...)<br>• Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen |
| | Wasserstoffinfrastruktur für Brennstoffzellen-Pkw | • Tankstellentechnologie<br>• Ausbau von Tankstellennetzwerken (D, EU, weltweit)<br>• Wasserstoff aus erneuerbaren Energien |
| | Brennstoffzellenbusse | • Alternativen für emissionsfreien ÖPNV<br>• Anbieter<br>• Anforderungen für Busbetreiber (Infrastruktur, Werkstätten, ...)<br>• Status Quo/Perspektiven |
| | Brennstoffzellen für die Schiene | • Nicht-elektrifizierte Nebenstrecken in Deutschland<br>• Aktuelle Aktivitäten<br>• Perspektiven |
| | Brennstoffzellen auf Schiffen und in der Luftfahrt | • Rahmenbedingungen für die maritime Wirtschaft<br>• Kraftstoffe für Schiffsanwendungen<br>• Anforderungen und Systemkonfigurationen für Schiffe |
| | Stationäre Brennstoffzellen in der Hausenergieversorgung | • Systemvergleich (Strom und Wärme separat)<br>• Status Quo<br>• Markteinführung |
| | Kraft-Wärme-Kopplung in stationären Brennstoffzellen in gewerblichen und industriellen Anwendungen | • Systemvergleich (Strom und Wärme separat)<br>• Status Quo |
| | Brennstoffzellen in der Logistik und für die Stromversorgung für kritische Infrastrukturen | • Gabelstapler<br>• Anwendungsbeispiel Flughafen<br>• Back-up Power / Notstromversorgung (Telekommunikation, Behördenfunk, ...)<br>• Autarke Energiesysteme (Inselstromversorgung, ...) |
| **Literatur** | Vorlesungsunterlagen | |

| Lehrveranstaltung L1748: Risikomanagement in der Energiewirtschaft | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Christian Wulf |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Grundlagen des Risikomanagements<br>  ◦ Begriffsdefinition<br>  ◦ Risikoarten<br>  ◦ Riskomanagementprozess<br>  ◦ Enterprise Risk Management<br>• Märkte und Instrumente im Energiehandel<br>  ◦ Termin- und Spotkontrakte<br>  ◦ Notierungen an Energiemärkten<br>  ◦ Optionen<br>• Kennzahlendefinition<br>  ◦ Bewertung von Marktrisiken<br>  ◦ Bewertung von Adressrisiken<br>  ◦ Bewertung von operationellen Risiken<br>  ◦ Bewertung von Liquiditätsriseken<br>• Risikomonitoring- und Reporting<br>• Risikobehandlung |
| **Literatur** | • Roggi, O. (2012): Risk Taking: A Corporate Governance Perspective, International Finance Corporation, New York<br>• Hull, J. C. (2012): Options, Futures, and other Derivatives, 8. Auflage, Pearson Verlag, New York<br>• Albrecht, P.; Maurer, R. (2008): Investment- und Risikomanagement, 3. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart<br>• Rittenberg, L.; Martens, F. (2012): Understanding and Communicating Risk Appetite, Treadway Commission, Durham |

| Lehrveranstaltung L0060: Wasserstofftechnologie | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Martin Dornheim |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | 1. Energiewirtschaft<br>2. Wasserstoffwirtschaft<br>3. Vorkommen und Eigenschaften von Wasserstoff<br>4. Herstellung von Wasserstoff (aus Kohlenwasserstoffen und durch Elektrolyse)<br>5. Trennung und Reinigung<br>6. Speicherung und Transport von Wasserstoff<br>7. Sicherheit<br>8. Brennstoffzellen<br>9. Projekte |
| **Literatur** | • Skriptum zur Vorlesung<br>• Winter, Nitsch: Wasserstoff als Energieträger<br>• Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry<br>• Kirk, Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology<br>• Larminie, Dicks: Fuel cell systems explained |

## Modul M0515: Energieinformationssysteme und Elektromobilität

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Elektrische Energiesysteme II: Betrieb und Informationssysteme elektrischer Energienetze (L1696) | Vorlesung | 3 | 4 |
| Elektromobilität (L1833) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Elektrotechnik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können über die elektrische Energietechnik im Bereich Erneuerbarer Energien einen Überblick geben. Möglichkeiten der Integration von erneuerbaren Energieanlagen in das bestehende Netz, der elektrischen Speichermöglichkeiten und der elektrischen Energieübertragung und- verteilung können sie detailliert erläutern und kritisch dazu Stellung beziehen. |
| *Fertigkeiten* | Mit Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage das erlernte Fachwissen in Aufgabenstellungen zur Auslegung, Integration oder Entwicklung erneuerbarer Energiesysteme angemessen anzuwenden und die Ergebnisse einzuschätzen und zu beurteilen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können fachspezifische und fachübergreifende Diskussionen führen, Ideen weiterentwickeln und ihre eigenen Arbeitsergebnissen vor anderen vertreten. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesung erschließen und das darin enthaltene Wissen aneignen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Mündliche Prüfung |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 40 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L1696: Elektrische Energiesysteme II: Betrieb und Informationssysteme elektrischer Energienetze | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 3 |
| **LP** | 4 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42 |
| **Dozenten** | Prof. Christian Becker |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Stationäre Modellierung elektrischer Energiesysteme<br>  ◦ konventionelle Komponenten<br>  ◦ leistungselektronische Netzregler (FACTS) und HGÜ<br>  ◦ Netzmodellierung<br>• Netzbetrieb<br>  ◦ Prozess der elektrischen Energieversorgung<br>  ◦ Netz-/Systemführung<br>  ◦ Netzbereitstellung<br>• Netzleittechnik und Netzleitsysteme<br>  ◦ Informations- und Kommunikationstechnik elektrischer Energiesysteme<br>  ◦ IT-Architekturen der Stations-, Feld- und Netzleitebene<br>  ◦ IT-Integration (Energiemarkt / Engpassmanagement / Asset Management)<br>  ◦ Entwicklungstrends in der Leittechnik<br>  ◦ Smart Grids<br>• Funktionen und stationäre Berechnungen für den Netzbetrieb<br>  ◦ Lastflussberechnungsmethoden<br>  ◦ Sensitivitätsanalyse und Lastflusssteuerung<br>  ◦ Sensitivitätsanalyse<br>  ◦ Betriebsoptimierung<br>  ◦ Symmetrische Kurzschlussberechnung<br>  ◦ Unsymmetrische Fehlerstromberechnung<br>  ▪ symmetrische Komponenten<br>  ▪ Berechnung unsymmetrischer Fehler<br>  ◦ Netzzustandsabschätzung |
| **Literatur** | E. Handschin: Elektrische Energieübertragungssysteme, Hüthig Verlag<br><br>B. R. Oswald: Berechnung von Drehstromnetzen, Springer-Vieweg Verlag<br><br>V. Crastan: Elektrische Energieversorgung Bd. 1 & 3, Springer Verlag<br><br>E.-G. Tietze: Netzleittechnik Bd. 1 & 2, VDE-Verlag |

| Lehrveranstaltung L1833: Elektromobilität | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Klaus Bonhoff |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Einführung und Umfeld<br>• Definition von Elektrofahrzeugen<br>• Exkurs: Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzelle<br>• Markthochlauf von Elektroautos<br>• Politischer / Regulativer Rahmen<br>• Historischer Rückblick<br>• Portfolio der Elektrofahrzeuge / Einsatzbeispiele<br>• Mild-Hybrids mit 48 Volt-Technologie<br>• Lithium-Ionen Batterie inkl. Kosten, Roadmap, Produktion, Rohstoffe<br>• Fahrzeugintegration<br>• Energieverbrauch von Elektroautos<br>• Batterielebensdauer<br>• Ladeinfrastruktur<br>• Elektrischer Straßengüterverkehr<br>• Elektrischer ÖPNV / SPNV<br>• Batteriesicherheit |
| **Literatur** | Vorlesungsunterlagen/ lecture material |

## Modul M0540: Transport Processes

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Mehrphasenströmungen (L0104) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Reaktorauslegung unter Nutzung lokaler Transportprozesse (L0105) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 2 | 2 |
| Wärme- und Stofftransport in der Verfahrenstechnik (L0103) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Michael Schlüter |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | None |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | All lectures from the undergraduate studies, especially mathematics, chemistry, thermodynamics, fluid mechanics, heat- and mass transfer. |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Students are able to:<br>• describe transport processes in single- and multiphase flows and they know the analogy between heat- and mass transfer as well as the limits of this analogy.<br>• explain the main transport laws and their application as well as the limits of application.<br>• describe how transport coefficients for heat- and mass transfer can be derived experimentally.<br>• compare different multiphase reactors like trickle bed reactors, pipe reactors, stirring tanks and bubble column reactors.<br>• are known. The Students are able to perform mass and energy balances for different kind of reactors. Further more the industrial application of multiphase reactors for heat- and mass transfer are known. |
| *Fertigkeiten* | The students are able to:<br>• optimize multiphase reactors by using mass- and energy balances,<br>• use transport processes for the design of technical processes,<br>• to choose a multiphase reactor for a specific application. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | The students are able to discuss in international teams in english and develop an approach under pressure of time. |
| *Selbstständigkeit* | Students are able to define independently tasks, to solve the problem "design of a multiphase reactor". The knowledge that s necessary is worked out by the students themselves on the basis of the existing knowledge from the lecture. The students are able to decide by themselves what kind of equation and model is applicable to their certain problem. They are able to organize their own team and to define priorities for different tasks. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 15 Minuten Vortrag + 90 Minuten Multiple Choice Klausur |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Energie- und Umwelttechnik: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Verfahrenstechnik und Biotechnologie: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Kernqualifikation: Pflicht |

| Lehrveranstaltung L0104: Multiphase Flows | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Michael Schlüter |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Interfaces in MPF (boundary layers, surfactants)<br>• Hydrodynamics & pressure drop in Film Flows<br>• Hydrodynamics & pressure drop in Gas-Liquid Pipe Flows<br>• Hydrodynamics & pressure drop in Bubbly Flows<br>• Mass Transfer in Film Flows<br>• Mass Transfer in Gas-Liquid Pipe Flows<br>• Mass Transfer in Bubbly Flows<br>• Reactive mass Transfer in Multiphase Flows<br>• Film Flow: Application Trickle Bed Reactors<br>• Pipe Flow: Application Turbular Reactors<br>• Bubbly Flow: Application Bubble Column Reactors |
| **Literatur** | Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Verlag Sauerländer, Aarau, Frankfurt (M), 1971.<br>Clift, R.; Grace, J.R.; Weber, M.E.: Bubbles, Drops and Particles, Academic Press, New York, 1978.<br>Fan, L.-S.; Tsuchiya, K.: Bubble Wake Dynamics in Liquids and Liquid-Solid Suspensions, Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering, Boston, USA, 1990.<br>Hewitt, G.F.; Delhaye, J.M.; Zuber, N. (Ed.): Multiphase Science and Technology. Hemisphere Publishing Corp, Vol. 1/1982 bis Vol. 6/1992.<br>Kolev, N.I.: Multiphase flow dynamics. Springer, Vol. 1 and 2, 2002.<br>Levy, S.: Two-Phase Flow in Complex Systems. Verlag John Wiley & Sons, Inc, 1999.<br>Crowe, C.T.: Multiphase Flows with Droplets and Particles. CRC Press, Boca Raton, Fla, 1998. |

| Lehrveranstaltung L0105: Reactor Design Using Local Transport Processes | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Michael Schlüter |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | In this Problem-Based Learning unit the students have to design a multiphase reactor for a fast chemical reaction concerning optimal hydrodynamic conditions of the multiphase flow.<br><br>The four students in each team have to:<br><br>• collect and discuss material properties and equations for design from the literature,<br>• calculate the optimal hydrodynamic design,<br>• check the plausibility of the results critically,<br>• write an exposé with the results.<br><br>This exposé will be used as basis for the discussion within the oral group examen of each team. |
| **Literatur** | see actual literature list in StudIP with recent published papers |

| Lehrveranstaltung L0103: Heat & Mass Transfer in Process Engineering | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Michael Schlüter |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Introduction - Transport Processes in Chemical Engineering<br>• Molecular Heat- and Mass Transfer: Applications of Fourier's and Fick's Law<br>• Convective Heat and Mass Transfer: Applications in Process Engineering<br>• Unsteady State Transport Processes: Cooling & Drying<br>• Transport at fluidic Interfaces: Two Film, Penetration, Surface Renewal<br>• Transport Laws & Balance Equations with turbulence, sinks and sources<br>• Experimental Determination of Transport Coefficients<br>• Design and Scale Up of Reactors for Heat- and Mass Transfer<br>• Reactive Mass Transfer<br>• Processes with Phase Changes – Evaporization and Condensation<br>• Radiative Heat Transfer - Fundamentals<br>• Radiative Heat Transfer - Solar Energy |
| **Literatur** | 1. Baehr, Stephan: Heat and Mass Transfer, Wiley 2002.<br>2. Bird, Stewart, Lightfood: Transport Phenomena, Springer, 2000.<br>3. John H. Lienhard: A Heat Transfer Textbook, Phlogiston Press, Cambridge Massachusetts, 2008.<br>4. Myers: Analytical Methods in Conduction Heat Transfer, McGraw-Hill, 1971.<br>5. Incropera, De Witt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Wiley, 2002.<br>6. Beek, Muttzall: Transport Phenomena, Wiley, 1983.<br>7. Crank: The Mathematics of Diffusion, Oxford, 1995.<br>8. Madhusudana: Thermal Contact Conductance, Springer, 1996.<br>9. Treybal: Mass-Transfer-Operation, McGraw-Hill, 1987. |

## Modul M1710: Smart-Grid-Technologien

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Smart-Grid-Technologien (L2706) | Vorlesung | 3 | 4 |
| Smart-Grid-Technologien (L2707) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Christian Becker |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Elektrotechnik,<br>Grundlagen der Regelungstechnik,<br>Mathematik I, II, III<br>Elektrische Energiesysteme I<br>Elektrische Energiesysteme II |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können Verfahren und Technologien zum Betrieb von Smart Grids (intelligente Verteilernetze) detailliert erläutern und kritisch bewerten. |
| *Fertigkeiten* | Mit Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, die Auswirkungen neuer Technologien (z. B. erneuerbare Energien, Energiespeicher und Demand-Response) auf das Stromnetz zu analysieren. Sie können Techniken der "Computational Intelligence" verstehen und auf Probleme des Verteilnetzbetriebs anwenden. Sie können auch erklären, welche IKT-Technologien (wie digitale Zwillinge und IoT) für den Betrieb von Verteilernetzen relevant und geeignet sind. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können fachspezifische und fachübergreifende Diskussionen führen, Ideen weiterentwicklen und ihre eigenen Arbeitsergebnissen vor anderen vertreten. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesung erschließen und das darin enthaltene Wissen aneignen sowie im Rahmen weiterführender Forschungsaktivitäten nutzbar machen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Referat |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 30 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L2706: Smart-Grid-Technologien | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 3 |
| **LP** | 4 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42 |
| **Dozenten** | Prof. Christian Becker, Dr. Davood Babazadeh |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe/SoSe |
| **Inhalt** | **Vorstellung von Smart Grids**<br>• Intelligente Verteilnetze<br>• Paradigmenwechsel: Digitalisierung & Nachhaltigkeit<br>**Aufstrebende Technologien in Verteilnetzen**<br>• Dezentrale Energieversorgung (DER)<br>• Batterie-Energiespeicher-Technologien (BES)<br>• Sektorenkopplung & EV/V2G<br>• Microgrids, Wechselrichter-basierte Systeme<br>• Modellierung und Steuerung von PV & BESS<br>**Verteilnetzmanagement & Analyse**<br>• Verteilnetzstruktur (Beispiel Hamburg)<br>• Architektur und Funktionen des Verteilnetzmanagements und -betriebs<br>  ◦ Fehlererkennung, Isolierung & Wiederherstellung<br>  ◦ Selbstheilung in Verteilnetzen<br>  ◦ Volt-Var-Optimierung<br>  ◦ Lastfluss in Verteilnetzen<br>• Demand Side Management & Demand Response<br>• Laborübung (Smart Grid Betrieb)<br>**Rechnerische Intelligenz und Optimierungstechniken**<br>• Rechnerische Herausforderungen im Smart Grid<br>• Heuristische & analytische Optimierungsmethoden<br>• Intelligente Systeme (Expertensysteme, ML/AL)<br>• Anwendungen (optimaler Lastfluss, Platzierung reaktiver Kondensatoren)<br>• Laborübung (Optimierungsformulierung)<br>**ICT-Technologien für intelligente Stromnetze**<br>• Fortschrittliche Metering-Technologien: Intelligente Zähler, RTU, PMU<br>• Telekommunikationssysteme in Smart Grids (Netzwerkgrundlagen und -technologien)<br>• Interoperabilität in Smart Grids<br>  ◦ Smart-Grid-Architekturmodell<br>  ◦ Automatisierungs- und Kommunikationsstandards (IEC 61850, c37.118)<br>• Cyber-Sicherheit<br>• Laborübung (Grid-Automatisierungsprotokolle)<br>**Praktische Erfahrungen: Stromnetz Hamburg (SNH) Perspektive**<br>• Definition von Smart Grid und dessen Anforderungen aus Sicht der Industrie<br>• Netzdigitalisierung - Beispiele von Industrieprojekten<br>• Flexibles Lastmanagement<br>• Integration von Elektromobilität & Verkehrssektor<br>**Studienbesuche:**<br>• Digitales Umspannwerk in Harburg<br>• Elektrobus-Ladestation<br>• Stromnetz Hamburg Leitstand |
| **Literatur** | • Buchholz and Styczynski - 2020 - “Smart Grids: Fundamentals and Technologies in Electric Power Systems of the Future”, Springer<br>• Bernardon and Garcia - 2018 - “Smart Operation for Power Distribution Systems: Concepts and Applications”, Springer<br>• Momoh, 2012; “Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis”, Wiley |

| Lehrveranstaltung L2707: Smart-Grid-Technologien | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Christian Becker, Dr. Davood Babazadeh |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe/SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

## Modul M1424: Integration Erneuerbarer Energien

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Integration Erneuerbarer Energien I (L2049) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Integration Erneuerbarer Energien I (L2050) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Integration Erneuerbarer Energien II (L2051) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Integration Erneuerbarer Energien II (L2052) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Zukunftsfähige Mobilität (L0010) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Erneuerbaren Energien sowie des Energiesystems |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Mit Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die bisher erlernten fachlichen Grundlagen der verschiedenen Fachgebiete der Erneuerbaren Energien übergreifend einzusetzen und anzuwenden. Es werden aktuelle Problemstellungen in Bezug auf die Integration Erneuerbarer Energien im Energiesystem dargestellt und analysiert. Hierbei wird insbesondere auf die Sektoren Elektrizität, Wärme sowie Mobilität eingegangen, sodass die Studierenden Einblicke in sektorübergreifende Maßnahmen erlangen. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten Grundlagen auf verschiedene sektorenübergreifende Problemstellungen anwenden und in diesem Zusammenhang die Potentiale aber auch Grenzen der Sektorenkopplung im deutschen Energiesystem einschätzen und beurteilen. Insbesondere das Anwenden und Verknüpfen von bereits erlernten Methoden und Wissen soll hier von den Studierenden angewendet werden, sodass ein Weitblick über die verschiedenen Technologien erlangt wird. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können Problemstellungen in den Themengebieten der Sektorenkopplung und Integration von erneuerbaren Energien miteinander diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen auf Basis der Vorlesungsschwerpunkte über das Fachgebiet erschließen und Wissen aneignen. Des Weiteren können die Studierenden weitere Technologien und Kopplungsmöglichkeiten für das Energiesystem selbst recherchieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 180 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L2049: Integration Erneuerbarer Energien I | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung<br>2. Fossil dominiertes Energiesystem<br>3. Megatrends der Energiewende<br>4. Charakteristika der erneuerbaren Energiebereitstellungstechnologien - Strom<br>5. Integration EE-Strom I<br>6. Integration EE-Strom II<br>7. Charakteristika der erneuerbaren Energiebereitstellungstechnologien - Wärme<br>8. Integration EE-Wärme I<br>9. Integration EE-Wärme II<br>10. Charakteristika der erneuerbaren Energiebereitstellungstechnologien - Mobilität<br>11. Integration EE-Mobilität<br>12. Kommunikations- und Regelungstechnik<br>13. Verbrauchsminderung<br>14. Lastmanagement<br>15. Zusammenspiel von erneuerbarer Erzeugung und geregelter sinkender Nachfrage |
| **Literatur** | • D. Thrän (editor): Smart Bioenergy. Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems. Springer,Cham, Heielberg, New York, Dordrecht, London, 2015<br>• R. von Miller (Hrsg.): Lexikon der Energietechnik und Kraftmaschinen Band 6 und 7. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart 1965<br>• K. Naumann et. al.: Monitoring Biokraftstoffsektor. 3. Auflage, DBFZ Report Nr. 1, Leipzig, 2016<br>• M. Kaltschmitt, W. Streicher, A. Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. Auflage, Springer |

| Lehrveranstaltung L2050: Integration Erneuerbarer Energien I | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L2051: Integration Erneuerbarer Energien II | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung<br>2. Power-to-Hydrogen<br>3. Power-to-Gas<br>4. Power-to-Liquid<br>5. Power-to-Heat<br>6. Hybrid-Technologien<br>7. Verbund-Technologiekonzepte I<br>8. Verbund-Technologiekonzepte II<br>9. Anbindung an eine regenerative Industrieproduktion<br>10. Nutzung der Rückstände der erneuerbaren Energiebereitstellung<br>11. Biomasse als Systemstabilisator I<br>12. Biomasse als Systemstabilisator II<br>13. Systemmodellierung - Grundlagen<br>14. Systemmodellierung - Ansätze und Ergebnisse<br>15. Planungswerkzeuge |
| **Literatur** | • D. Thrän (editor): Smart Bioenergy. Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems. Springer,Cham, Heielberg, New York, Dordrecht, London, 2015<br>• R. von Miller (Hrsg.): Lexikon der Energietechnik und Kraftmaschinen Band 6 und 7. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart 1965<br>• K. Naumann et. al.: Monitoring Biokraftstoffsektor. 3. Auflage, DBFZ Report Nr. 1, Leipzig, 2016<br>• M. Kaltschmitt, W. Streicher, A. Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. Auflage, Springer Berlin Heidelberg, 2006<br>• Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Die Energie der Zukunft. |

| Lehrveranstaltung L2052: Integration Erneuerbarer Energien II | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L0010: Zukunftsfähige Mobilität | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Karsten Wilbrand |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Globale Megatrends und zukünftige Herausforderungen der Energieversorgung<br>• Energieszenarien bis 2060 und Bedeutung für den Mobilitätssektor<br>• Nachhaltiger Luft-, Schiffs-, Schienen und Strassenverkehr<br>• Entwicklungen bei Fahrzeug- und Antriebs-Technologie<br>• Überblick Heutige Kraftstoffe (Produktion und Einsatz)<br>• Biokraftstoffe der 1. und 2. Generation (Verfügbarkeit, Produktion, Verträglichkeit)<br>• Erdgas (GTL, CNG, LNG)<br>• Elektromobilität mit Batterie und Wasserstoff-Brennstoffzelle<br>• Well-to-Wheel CO2 Analysen der verschiedenen Optionen<br>• Rechtlicher Rahmen für Personen und Güterverkehr |
| **Literatur** | • Eigene Unterlagen<br>• Veröffentlichungen<br>• Fachliteratur |

## Modul M1354: Advanced Fuels

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe (L2414) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor (L1926) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Mobilität und Klimaschutz (L2416) | Gruppenübung | 2 | 2 |
| Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen (L2415) | Vorlesung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden lernen innerhalb des Moduls verschiedene Bereitstellungspfade zur Herstellung von Advanced Fuels (Biokraftstoffe wie z. B. Alcohol-to-Jet; Strom-basierte Kraftstoffe wie z. B. Power-to-Liquid) kennen. Dazu werden die verschiedenen Verfahrensketten erläutert und die regulatorischen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Kraftstoffproduktion beleuchtet. Hierzu gehören beispielsweise die Anforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II sowie die Voraussetzungen und Aspekte für einen Markthochlauf dieser Kraftstoffe. Für die ganzheitliche Bewertung der verschiedenen Kraftstoffoptionen werden diese abschließend unter ökologischen und ökonomischen Faktoren betrachtet. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme des Moduls in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik:<br>• Modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Kraftstoffproduktionsprozessen bzw. den entsprechenden Bereitstellungsketten<br>• Umfangreiche Analyse verschiedener Kraftstoffbereitstellungsoptionen in technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht<br>Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Vorlesungen und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Fragestellungen und die für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte definieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | **Verpflichtend** Ja; **Bonus** 20 %; **Art der Studienleistung** Schriftliche Ausarbeitung; **Beschreibung** Details werden in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben. |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 2 Stunden Klausur |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht |

### Lehrveranstaltung L2414: Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Allgemeine Übersicht über verschiedene strombasierte Kraftstoffe und deren Prozesspfade, u.a. Power-to-Liquid Prozess (Fischer-Tropsch-Synthese, Methanol Synthese), Power-to-Gas (Sabatier-Prozess)<br>• Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe |
| **Literatur** | • Vorlesungsskript |

| Lehrveranstaltung L1926: Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Karsten Wilbrand |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Allgemeine Übersicht über verschiedene Advanced Biofuels und deren Prozesspfade (u.a. Gas-to-Liquid, HEFA und Alcohol-to-Jet Prozesse)<br>• Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe |
| **Literatur** | • Babu, V.: Biofuels Production. Beverly, Mass: Scrivener [u.a.], 2013<br>• Olsson, L.: Biofuels. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007<br>• William, L. L.: Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5<br>• Perry, R.; Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 20<br>• Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014<br>• Kaltschmitt, M.; Neuling, U. (Ed.): Biokerosene - Status and Prospects; Springer, Berlin, Heidelberg, 2018 |

| Lehrveranstaltung L2416: Mobilität und Klimaschutz | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Benedikt Buchspies, Dr. Karsten Wilbrand |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Anwendung der erlernten theoretischen Kenntnisse aus den jeweiligen Vorlesungen anhand konkreter Aufgaben aus der Praxis<br>• Auslegung und Simulation von Teilprozessen der Produktionsprozesse in Aspen Plus ®<br>• Ökologische und ökonomische Analyse von Kraftstoffbereitstellungspfaden<br>• Einordnung von Fallbeispielen in geltende Regularien |
| **Literatur** | • Skriptum zur Vorlesung<br>• Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide |

| Lehrveranstaltung L2415: Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Benedikt Buchspies |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Gesamtheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Kraftstoffpfade mit u. a folgenden Themenschwerpunkten:<br>• Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Kraftstoffe<br>• Ökonomische Betrachtung der verschiedenen alternativen Kraftstoffe<br>• Regulatorischer Rahmen alternativer Kraftstoffe<br>• Zertifizierung von alternativen Kraftstoffen<br>• Markteinführungsmodelle alternativer Kraftstoffe |
| **Literatur** | • European Commission - Joint Research Center (2010): International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. Joint Research Center (JRC) Institut for Environment and Sustainability, Luxembourg<br>• Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen |

## Fachmodule der Vertiefung Windenergiesysteme

Innerhalb der Vertiefung “Windenergiesysteme” werden weiterführende Kenntnisse zur Nutzung von Windenergie, sowohl im Onshore als auch im Offshore Bereich vermittelt. Insbesondere wird auf die maritimen und logistischen Randbedingungen zur Installation und Nutzung von Offshore Windkraftparks eingegangen. In diesem Zusammenhang wird auch der Umgang mit Risiken, die beim Bau und im Betrieb solcher großen Energieprojekte auftreten können, erläutert.

Zusätzlich werden in einem Modul die werkstoffspezifischen Grundlagen für die Zusammensetzung von Bestandteilen von Windenergieanlagen geschaffen.

### Modul M1133: Hafenlogistik

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Hafenlogistik (L0686) | Vorlesung | 2 | 3 |
| Hafenlogistik (L1473) | Gruppenübung | 2 | 3 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Carlos Jahn |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | keine |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls ...<br>• die Entwicklung von Seehäfen (bezüglich der Funktionen der Häfen und der entsprechenden Terminals sowie der betreffenden Betreibermodellen) wiedergeben und diese in den historischen Kontext einordnen;<br>• unterschiedliche Typen von Seehafenterminals und ihre spezifischen Charakteristika (Ladung, Umschlagstechnologien, logistische Funktionsbereiche) erläutern und diese bewerten;<br>• gängige Planungsaufgaben (z. B. Liegeplatzplanung, Stauplanung, Yardplanung) auf Seehafenterminals analysieren sowie geeignete Ansätze (im Sinne von Methoden und Werkzeuge) zur Lösung dieser Planungsaufgaben erstellen;<br>• zukünftige Entwicklungen und Trends hinsichtlich Planung und Steuerung innovativer Seehafenterminals benennen und problemorientiert diskutieren |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls in der Lage...<br>• Funktionsbereiche in Häfen und in Seehafenterminals zu erkennen;<br>• für Containerterminals passende Betriebssysteme zu definieren und zu bewerten;<br>• statische Berechnungen hinsichtlich gegebener Randbedingungen wie z.B. erforderliche Kapazität (Stellplätze, Gerätebedarf, Kaimauerlänge, Hafenzufahrt) auf ausgewählten Terminaltypen durchzuführen;<br>• zuverlässig einzuschätzen, welche Randbedingungen bei der statischen Planung von ausgewählten Terminaltypen in welchem Ausmaß gängige Logistikkennzahlen beeinflussen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können nach Abschluss des Moduls...<br>• das erworbene Wissen auf weitere Fragestellung der Hafenlogistik übertragen;<br>• in Kleingruppen umfangreiche Aufgabenpakete diskutieren und erfolgreich organisieren;<br>• in Kleingruppen Arbeitsergebnisse in verständlicher Form schriftlich dokumentieren und in angemessen Umfang präsentieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden sind nach Abschluss des Moduls fähig...<br>• Fachliteratur, darunter auch Normen, Richtlinien und Journal Papers, zu recherchieren, auszuwählen und sich die Inhalte eigenständig zu erarbeiten;<br>• eigene Anteile an einer umfangreichen schriftlichen Ausarbeitung in Kleingruppen fristgerecht einzureichen und innerhalb eines festen Zeitrahmens gemeinschaftlich zu präsentieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | **Verpflichtend** Nein; **Bonus** 15 %; **Art der Studienleistung** Schriftliche Ausarbeitung; **Beschreibung** |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 120 Minuten |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Logistik: Wahlpflicht<br>Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Produktion und Logistik: Wahlpflicht<br>Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Infrastruktur und Mobilität: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Schiffbau und Meerestechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Maritime Technik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0686: Hafenlogistik | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Carlos Jahn |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Hafenlogistik beschäftigt sich mit der Planung, Steuerung, Durchführung und Kontrolle von Materialflüssen und den dazugehörigen Informationsflüssen im System Hafen und seinen Schnittstellen zu zahlreichen Akteuren innerhalb und außerhalb des Hafengeländes.<br><br>Die außerordentliche Rolle des Seeverkehrs für den internationalen Handel erfordert sehr leistungsfähige Häfen. Diese müssen zahlreichen Anforderungen in Punkten Wirtschaftlichkeit, Geschwindigkeit, Sicherheit und Umwelt genügen. Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich die Vorlesung Hafenlogistik mit der Planung, Steuerung, Durchführung und Kontrolle von Materialflüssen und den dazugehörigen Informationsflüssen im System Hafen und seinen Schnittstellen zu zahlreichen Akteuren innerhalb und außerhalb des Hafengeländes. Die Veranstaltung Hafenlogistik zielt darauf ab, Verständnis über Strukturen und Prozesse in Häfen zu vermitteln. Schwerpunktmäßig werden unterschiedliche Typen von Terminals, ihre charakteristischen Layouts und das eingesetzte technische Equipment und die voranschreitende Digitalisierung sowie das Zusammenspiel der beteiligten Akteure thematisiert.<br><br>Außerdem werden regelmäßig renommierte Gastredner aus der Wissenschaft und Praxis eingeladen, um einige vorlesungsrelevante Themen aus alternativen Blickwinkeln zu beleuchten.<br><br>Folgende Inhalte werden in der Veranstaltung vermittelt:<br><br>• Vermittlung von Strukturen und Prozessen im Hafen<br>• Planung, Steuerung, Durchführung und Kontrolle von Material- und Informationsflüssen im Hafen<br>• Grundlagen unterschiedlicher Terminals, charakteristischer Layouts und des eingesetzten technischen Equipments<br>• Bearbeitung von aktuellen Fragenstellungen der Hafenlogistik |
| **Literatur** | • Alderton, Patrick (2013). Port Management and Operations.<br>• Biebig, Peter and Althof, Wolfgang and Wagener, Norbert (2017). Seeverkehrswirtschaft: Kompendium.<br>• Brinkmann, Birgitt. Seehäfen: Planung und Entwurf. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.<br>• Büter, Clemens (2013). Außenhandel: Grundlagen internationaler Handelsbeziehungen.<br>• Gleissner, Harald and Femerling, J. Christian (2012). Logistik: Grundlagen, Übungen, Fallbeispiele.<br>• Jahn, Carlos; Saxe, Sebastian (Hg.). Digitalization of Seaports - Visions of the Future, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2017.<br>• Kummer, Sebastian (2019). Einführung in die Verkehrswirtschaft<br>• Lun, Y.H.V. and Lai, K.-H. and Cheng, T.C.E. (2010). Shipping and Logistics Management.<br>• Woitschützke, Claus-Peter (2013). Verkehrsgeografie. |

| Lehrveranstaltung L1473: Hafenlogistik | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Carlos Jahn |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Inhalt der Übung ist die selbstständige Erstellung eines wissenschaftlichen Papers und einer dazugehörigen Präsentation zu einem aktuellen Thema der Hafenlogistik. Inhalt des Papers sind aktuelle Themen der Hafenlogistik, beispielsweise die zukünftigen Herausforderungen in Nachhaltigkeit und Produktivität von Häfen, die digitale Transformation von Terminals und Häfen oder die Einführung von neuen Regularien durch die International Maritime Organisation in Bezug auf das verifizierte Bruttogewicht von Containern. Aufgrund der internationalen Ausrichtung der Veranstaltung ist das Paper in englischer Sprache zu erstellen. |
| **Literatur** | • Alderton, Patrick (2013). Port Management and Operations.<br>• Biebig, Peter and Althof, Wolfgang and Wagener, Norbert (2017). Seeverkehrswirtschaft: Kompendium.<br>• Brinkmann, Birgitt. Seehäfen: Planung und Entwurf. (2005) Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.<br>• Büter, Clemens (2013). Außenhandel: Grundlagen internationaler Handelsbeziehungen.<br>• Gleissner, Harald and Femerling, J. Christian (2012). Logistik: Grundlagen, Übungen, Fallbeispiele.<br>• Jahn, Carlos; Saxe, Sebastian (Hg.) (2017) Digitalization of Seaports - Visions of the Future, Stuttgart: Fraunhofer Verlag.<br>• Kummer, Sebastian (2019). Einführung in die Verkehrswirtschaft<br>• Lun, Y.H.V. and Lai, K.-H. and Cheng, T.C.E. (2010). Shipping and Logistics Management.<br>• Woitschützke, Claus-Peter (2013). Verkehrsgeografie. |

## Modul M0527: Marine Bodentechnik

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Analyse meerestechnischer Systeme (L0068) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Analyse meerestechnischer Systeme (L0069) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Offshore-Geotechnik (L0067) | Vorlesung | 2 | 3 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Dr. Isabel Höfer |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Kenntnisse der Analysis und Differentialgleichungen<br><br>Grundkenntnisse der maritimen Technik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können über die grundlegendne Techniken zur Analyse von Offshore-Systemen, einschließlich der dazugehörigen Untersuchungen der Eigenschaften des Meeresbodens, eine Überblick geben und die dazugehörigen Inhalte unter Einbeziehung fachlich angrenzender Kontexte erläutern. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden sind in der Lage dynamische Offshoresysteme modelltechnisch abzubilden und zu bewerten. Dafür sind sie sind sie zusätzlich in der Lage systemorientiert zudenken und komplexe System in Teilsysteme zu zerlegen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | keine |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über das Fachgebiet erschließen, Wissen aneignen und auf neue Fragestellungen transformieren. Des Weiteren können die Studierenden innerhalb der Übungsstunden angeleitet durch Lehrende Ihren jeweiligen Lernstand konkret einschätzen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte definieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 2 Stunden |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Regenerative Energien: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht |

### Lehrveranstaltung L0068: Analyse meerestechnischer Systeme

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Moustafa Abdel-Maksoud, Dr. Alexander Mitzlaff |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | 1. Hydrostatische Analyse<br>  - Auftrieb<br>  - Schwimmfähigkeit und Stabilität<br>2. Hydrodynamische Analyse<br>  - Froude-Krylov-Kraft<br>  - Morison-Gleichung<br>  - Radiation und Diffraktion<br>  - transparente/kompakte Strukturen<br>3. Bewertung meerestechnischer Konstruktionen: Verlässlichkeitstechniken (Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit)<br>  - Kurzzeitbewertung<br>  - Langzeitbewertung: Extremereignisse |
| **Literatur** | • G. Clauss, E. Lehmann, C. Östergaard. Offshore Structures Volume I: Conceptual Design and Hydrodynamics. Springer Verlag Berlin, 1992<br>• E. V. Lewis (Editor), Principles of Naval Architecture ,SNAME, 1988<br>• Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering<br>• Proceedings of International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering<br>• S. Chakrabarti (Ed.), Handbook of Offshore Engineering, Volumes 1-2, Elsevier, 2005<br>• S. K. Chakrabarti, Hydrodynamics of Offshore Structures , WIT Press, 2001 |

| Lehrveranstaltung L0069: Analyse meerestechnischer Systeme | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Moustafa Abdel-Maksoud, Dr. Alexander Mitzlaff |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L0067: Offshore-Geotechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Jan Dührkop |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Überblick und Einführung Offshore-Geotechnik<br>• Einführung in die Bodenmechanik<br>• Offshore-Baugrunderkundung<br>• Schwerpunktthema zyklische Einwirkungen<br>• Geotechnische Bemessung von Offshore-Gründungen<br>• Monopiles<br>• Jackets<br>• Schwergewichtgründungen<br>• Geotechnische Vorerkundung für den Einsatz von Hubschiffen und -plattformen |
| **Literatur** | • Randolph, M. and Gourvenec, S (2011): Offshore Geotechnical Engineering. Spon Press.<br>• Poulos H.G. (1988): Marine Geotechnics. Unwin Hyman, London<br>• BSH-Standard Baugrunderkundung für Offshore-Windenergieparks<br>• Lesny K. (2010): Foundations for Offshore Wind Turbines. VGE Verlag, Essen.<br>• EA-Pfähle (2012): Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle der DGGT. Ernst & Sohn, Berlin. |

## Modul M1132: Maritimer Transport

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Maritimer Transport (L0063) | Vorlesung | 2 | 3 |
| Maritimer Transport (L0064) | Gruppenübung | 2 | 3 |

**Modulverantwortlicher**: Prof. Carlos Jahn

**Zulassungsvoraussetzungen**: Keine

**Empfohlene Vorkenntnisse**:

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse**: Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

**Fachkompetenz**

*Wissen*

Die Studierenden können...

- die an der maritimen Transportkette beteiligten Akteure hinsichtlich ihrer typischen Aufgaben darstellen;
- in der Schifffahrt gängige Ladungsarten benennen sowie die zu den Ladungsarten entsprechenden Güter einordnen;
- Betriebsformen in der Seeschifffahrt, die Transportoptionen und das Management in Transportnetzwerken erläutern;
- Vor- und Nachteile der verschiedenen Verkehrsträger im Hinterland abwägen und auf die Praxis übertragen;
- für Standortplanung von Häfen und Seehafenterminals relevante Faktoren wiedergeben und problemorientiert diskutieren;
- Potentiale der Digitalisierung in der Seeschifffahrt abschätzen.

*Fertigkeiten*

Die Studierenden sind in der Lage...

- Transportart, Akteure und Funktionen der Akteure in der maritimen Lieferkette zu bestimmen;
- mögliche Kostentreiber in einer Transportkette zu identifizieren und entsprechende Vorschläge zur Kostenreduktion zu empfehlen;
- Material- und Informationsflüsse einer maritimen Logistikkette zu erfassen, abzubilden und systematisch zu analysieren, mögliche Probleme zu identifizieren und Lösungsvorschläge zu empfehlen;
- Risikoabschätzungen von menschlichen Störungen auf die Supply Chain durchzuführen;
- Unfälle im Bereich der Maritimen Logistik analysieren und hinsichtlich ihrer Relevanz im Alltag zu bewerten;
- mit aktuellen Forschungsthemen im Bereich der maritimen Logistik differenziert umzugehen;
- verschiedene Prozessmodellierungsmethoden in einem bisher unbekannten Betätigungsfeld anzuwenden und die jeweiligen Vorteile herauszuarbeiten.

**Personale Kompetenzen**

*Sozialkompetenz*

Die Studierenden können...

- in Kleingruppen umfangreiche Aufgabenpakete diskutieren und organisieren;
- in Kleingruppen Arbeitsergebnisse dokumentieren und präsentieren.

*Selbstständigkeit*

Studierende sind fähig...

- Fachliteratur, darunter auch Normen und Richtlinien, zu recherchieren und auszuwählen;
- eigene Anteile an einer umfangreichen schriftlichen Ausarbeitung in Kleingruppen fristgerecht einzureichen.

**Arbeitsaufwand in Stunden**: Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56

**Leistungspunkte**: 6

**Studienleistung**

| Verpflichtend | Bonus | Art der Studienleistung | Beschreibung |
|---|---|---|---|
| Nein | 15 % | Fachtheoretisch-fachpraktische Studienleistung | Teilnahme an einem Planspiel und anschließende schriftliche Ausarbeitung |

**Prüfung**: Klausur

**Prüfungsdauer und -umfang**: 120 Minuten

**Zuordnung zu folgenden Curricula**:
Bauingenieurwesen: Vertiefung Hafenbau und Küstenschutz: Wahlpflicht
Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Logistik: Wahlpflicht
Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Produktion und Logistik: Wahlpflicht
Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Vertiefung Infrastruktur und Mobilität: Wahlpflicht
Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht
Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Maritime Technik: Wahlpflicht

| Lehrveranstaltung L0063: Maritimer Transport | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Carlos Jahn |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Zu den generellen Aufgaben der maritimen Logistik zählen die Planung, Gestaltung, Durchführung und Steuerung von Material- und Informationsflüssen in der Logistikkette Schiff - Hafen - Hinterland. Eingeschlossen sind die Technologiebewertung, -auswahl, -dimensionierung und -einführung sowie der Betrieb von Technologien.<br><br>Ziel der Lehrveranstaltung ist es, den Studierenden Kenntnisse des maritimen Transports und der an der maritimen Transportkette beteiligten Akteure zu vermitteln. Hierbei wird, unter Beachtung der wirtschaftlichen Entwicklung, auf typische Problemfelder und Aufgaben eingegangen. Somit sind sowohl klassische Probleme als auch aktuelle Entwicklungen und Trends im Bereich der Maritimen Logistik berücksichtigt.<br><br>In der Vorlesung werden die Bestandteile der maritimen Logistikkette und die beteiligten Akteure beleuchtet sowie Risikoabschätzungen von menschlichen Störungen auf die Supply Chain erarbeitet. Darüber hinaus lernen Studierenden die Potentiale der Digitalisierung in der Seeschifffahrt, Insbesondere im Hinblick auf das Monitoring von Schiffen, abzuschätzen. Ein weiterer Inhalt der Vorlesung sind die verschiedenen Verkehrsträger im Hinterland, welche Studierenden nach Abschluss der Lehrveranstaltung hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bewerten können. |
| **Literatur** | • Brinkmann, Birgitt. Seehäfen: Planung und Entwurf. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.<br>• Schönknecht, Axel. Maritime Containerlogistik: Leistungsvergleich von Containerschiffen in intermodalen Transportketten. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.<br>• Stopford, Martin. Maritime Economics Routledge, 2009 |

| Lehrveranstaltung L0064: Maritimer Transport | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Carlos Jahn |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Bei der Gruppenübung im Modul "Maritimer Transport" werden den Studierenden durch das haptische Planspiel MARITIME grundlegende Kenntnisse über Akteure und Prozesse in maritimen Transportketten vermittelt. Weiterhin ermöglicht das Planspiel und die darauf aufbauende Gruppenarbeit das selbständige Erlernen verschiedener Prozessmodellierungstechniken und fördert die Kompetenzen der Studierenden im Bereich der Präsentation, Moderation und Diskussion. |
| **Literatur** | • Stopford, Martin. Maritime Economics Routledge, 2009<br>• Brinkmann, Birgitt. Seehäfen: Planung und Entwurf. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.<br>• Schönknecht, Axel. Maritime Containerlogistik: Leistungsvergleich von Containerschiffen in intermodalen Transportketten. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. |

## Modul M1343: Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L1894) | Vorlesung | 2 | 3 |
| Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L2614) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 2 | 2 |
| Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde (L2613) | Hörsaalübung | 1 | 1 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen aus der Chemie / Physik / Werkstoffkunde |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Studierende können<br><br>- die Grundlagen der Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) und ihrer Konstituenten (Faser / Matrix) wiedergeben und kennen die entsprechenden Prüf- und Analysemethoden.<br><br>- die komplexen Zusammenhänge Struktur-Eigenschaftsbeziehung erklären.<br><br>- die Wechselwirkungen von chemischen Aufbau der Polymere, deren Verarbeitung mit den unterschiedlichen Fasertypen unter Einbeziehung fachangrenzender Kontexte erläutern (z.B. Nachhaltigkeit, Umweltschutz). |
| *Fertigkeiten* | Studierende sind in der Lage standardisierte Berechnungsmethoden in einem angegebenen Kontext einzusetzen, um<br><br>• mechanische Eigenschaften (Modul, Festigkeit) zu berechnen und die unterschiedlichen Materialien zu bewerten.<br>• überschlägige Dimensionierung mit Hilfe der Netztheorie der Konstruktionselemente durchführen und bewerten.<br>• für werkstoffliche Probleme geeignete Lösungen auszuwählen und zu Dimensionieren z.B. Steifigkeit, Korrosion, Festigkeit. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Studierende können<br><br>• in heterogen Gruppen zu fundierten Arbeitsergebnissen kommen und diese dokumentieren.<br>• angemessen Feedback geben und mit Rückmeldungen zu ihren eigenen Leistungen konstruktiv umgehen. |
| *Selbstständigkeit* | Studierende sind fähig,<br><br>- eigene Stärken und Schwächen einzuschätzen.<br><br>- ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Arbeitsschritte zu definieren.<br><br>- mögliche Konsequenzen ihres beruflichen Handelns einzuschätzen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 90 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Energietechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Vertiefung II. Produktentwicklung und Produktion: Wahlpflicht<br>Materialwissenschaft: Vertiefung Konstruktionswerkstoffe: Wahlpflicht<br>Mechanical Engineering and Management: Kernqualifikation: Pflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktentwicklung: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Produktion: Wahlpflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Vertiefung Werkstoffe: Pflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Materialwissenschaften: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L1894: Structure and properties of fibre-polymer-composites | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | - Microstructure and properties of the matrix and reinforcing materials and their interaction<br>- Development of composite materials<br>- Mechanical and physical properties<br>- Mechanics of Composite Materials<br>- Laminate theory<br>- Test methods<br>- Non destructive testing<br>- Failure mechanisms<br>- Theoretical models for the prediction of properties<br>- Application |
| **Literatur** | Hall, Clyne: Introduction to Composite materials, Cambridge University Press<br>Daniel, Ishai: Engineering Mechanics of Composites Materials, Oxford University Press<br>Mallick: Fibre-Reinforced Composites, Marcel Deckker, New York |

| Lehrveranstaltung L2614: Aufbau und Eigenschaften der Faser-Kunststoff-Verbunde | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | |
| **Literatur** | |

| Lehrveranstaltung L2613: Structure and properties of fibre-polymer-composites | |
|---|---|
| **Typ** | Hörsaalübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Prof. Bodo Fiedler |
| **Sprachen** | EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | |
| **Literatur** | |

## Modul M1287: Risikomanagement, Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Angewandte Brennstoffzellentechnologie (L1831) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Risikomanagement in der Energiewirtschaft (L1748) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Wasserstofftechnologie (L0060) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Keine |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Mit Abschluss dieses Moduls können die Studierenden die Grundlagen des Risikomanagements unter Einbeziehung fachangrenzender Kontexte erläutern und die optimale Nutzung von Energiesystemen beschreiben.<br><br>D e s Weiteren können die Studierenden solide theoretische Kenntnisse über die Potenziale und Anwendungen neuer Informationstechnologien in der Logistik wiedergeben und fachangrenzende Aspekte der Nutzung, Herstellung und Aufbereitung von Wasserstoff erläutern. |
| *Fertigkeiten* | Mit Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage Risiken von Energiesysteme unter energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu bewerten. Die beinhaltet auch, dass die Studierenden unter anderem in der Lage sind Risiken in der Einsatzplanung von Kraftwerkparks aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht zu beurteilen.<br><br>In diesem Zusammenhang können die Studierenden auch die Potenziale von Logistik- und Informationstechnologie insbesondere auf energetische Problemstellungen einschätzen.<br><br>Zusätzlich sind die Studierenden in der Lage den Energieträger Wasserstoff auf seine Anwendungsmöglichkeiten, die gegebene Sicherheit und bezüglich der vorhandenen Nutzungspotenziale und -grenzen zu beschreiben und aus technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht zu beurteilen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können Problemstellungen in den angrenzenden Themengebieten im Bereich erneuerbarer Energien, die innerhalb des Moduls vertieft wurden, diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesungen erschließen und sich das enthaltene Wissen aneignen. Auf diese Weise erkennen sich eigenständig Schwächen innerhalb ihres Leistungsstandes. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 3 Stunden Klausur |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Umweltverfahrenstechnik: Wahlpflicht |

### Lehrveranstaltung L1831: Angewandte Brennstoffzellentechnologie

| | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Klaus Bonhoff |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Die Vorlesung gibt einen Einblick in die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von Brennstoffzellen im Energiesystem (Strom, Wärme und Verkehr). Dazu werden für einzelne Brennstoffzellentypen und anwendungsorientierten Anforderungsprofile dargestellt und diskutiert; auch im Systemvergleich mit alternativen Technologien. Für die einzelnen Varianten wird der aktuelle Stand der Technologie mit Praxisbeispielen aus Deutschland und weltweit vorgestellt. Auch wird auf die sich abzeichnenden Entwicklungstendenzen und Entwicklungslinien - und die in den kommenden Jahren zu erwartenden Technologien - eingegangen. Neben den technischen Aspekten, die den Schwerpunkt der Veranstaltung darstellen, werden auch energie-, umwelt- und industriepolitische Aspekte - auch im Kontext der sich verändernden Gegebenheiten im deutschen und internationalen Energiesystem - diskutiert.<br>Thema: Einführung in die Brennstoffzellentechnologie<br>Inhalte:<br>• Nachhaltiges Energiesystem (Ausbau erneuerbarer Energien, Dezentralisierung, ...)<br>• Sektorkopplung (Strom, Wärme, Verkehr)<br>• Politischer Rahmen (Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie, ...)<br>• Regulativer Rahmen (EU-Richtlinien, Nationale Gesetzgebung)<br>• Vorteile der Brennstoffzelle (Systemwirkungsgrad, Emissionen, ...)<br>• Innovationsprozess / Einordnung BZ<br>• Anwendungsfelder für Brennstoffzellensysteme (Verkehr: |

| | | |
|---|---|---|
| | | Pkw, Busse (ÖPNV), Schiene; stationär: Hausenergieversorgung, KWK Industrie/Gewerbe; Spezielle Märkte: Logistikanwendungen (Gabelstapler, Flughäfen, ...), Stromversorgung für kritische Infrastrukturen (Behördenfunk, Telekommunikation, autarke Energiesysteme, ...) |
| | Technische Grundlagen von Brennstoffzellensystemen | • Einordnung unterschiedlicher Brennstoffzellentypen (Hochtemperatur-, Niedertemperaturbrennstoffzellen)<br>• Anwendungsspezifische Systemanforderungen |
| | Brennstoffzellen-Pkw | • Historie<br>• Status Quo (Systemkonzepte, Speichertechnologien, ...)<br>• Internationaler Vergleich (Automobilindustrie, Politik, ...)<br>• Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen |
| | Wasserstoffinfrastruktur für Brennstoffzellen-Pkw | • Tankstellentechnologie<br>• Ausbau von Tankstellennetzwerken (D, EU, weltweit)<br>• Wasserstoff aus erneuerbaren Energien |
| | Brennstoffzellenbusse | • Alternativen für emissionsfreien ÖPNV<br>• Anbieter<br>• Anforderungen für Busbetreiber (Infrastruktur, Werkstätten, ...)<br>• Status Quo/Perspektiven |
| | Brennstoffzellen für die Schiene | • Nicht-elektrifizierte Nebenstrecken in Deutschland<br>• Aktuelle Aktivitäten<br>• Perspektiven |
| | Brennstoffzellen auf Schiffen und in der Luftfahrt | • Rahmenbedingungen für die maritime Wirtschaft<br>• Kraftstoffe für Schiffsanwendungen<br>• Anforderungen und Systemkonfigurationen für Schiffe |
| | Stationäre Brennstoffzellen in der Hausenergieversorgung | • Systemvergleich (Strom und Wärme separat)<br>• Status Quo<br>• Markteinführung |
| | Kraft-Wärme-Kopplung in stationären Brennstoffzellen in gewerblichen und industriellen Anwendungen | • Systemvergleich (Strom und Wärme separat)<br>• Status Quo |
| | Brennstoffzellen in der Logistik und für die Stromversorgung für kritische Infrastrukturen | • Gabelstapler<br>• Anwendungsbeispiel Flughafen<br>• Back-up Power / Notstromversorgung (Telekommunikation, Behördenfunk, ...)<br>• Autarke Energiesysteme (Inselstromversorgung, ...) |
| **Literatur** | Vorlesungsunterlagen | |

| Lehrveranstaltung L1748: Risikomanagement in der Energiewirtschaft | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Christian Wulf |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Grundlagen des Risikomanagements<br>  ◦ Begriffsdefinition<br>  ◦ Risikoarten<br>  ◦ Riskomanagementprozess<br>  ◦ Enterprise Risk Management<br>• Märkte und Instrumente im Energiehandel<br>  ◦ Termin- und Spotkontrakte<br>  ◦ Notierungen an Energiemärkten<br>  ◦ Optionen<br>• Kennzahlendefinition<br>  ◦ Bewertung von Marktrisiken<br>  ◦ Bewertung von Adressrisiken<br>  ◦ Bewertung von operationellen Risiken<br>  ◦ Bewertung von Liquiditätsriseken<br>• Risikomonitoring- und Reporting<br>• Risikobehandlung |
| **Literatur** | • Roggi, O. (2012): Risk Taking: A Corporate Governance Perspective, International Finance Corporation, New York<br>• Hull, J. C. (2012): Options, Futures, and other Derivatives, 8. Auflage, Pearson Verlag, New York<br>• Albrecht, P.; Maurer, R. (2008): Investment- und Risikomanagement, 3. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart<br>• Rittenberg, L.; Martens, F. (2012): Understanding and Communicating Risk Appetite, Treadway Commission, Durham |

| Lehrveranstaltung L0060: Wasserstofftechnologie | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Martin Dornheim |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | 1. Energiewirtschaft<br>2. Wasserstoffwirtschaft<br>3. Vorkommen und Eigenschaften von Wasserstoff<br>4. Herstellung von Wasserstoff (aus Kohlenwasserstoffen und durch Elektrolyse)<br>5. Trennung und Reinigung<br>6. Speicherung und Transport von Wasserstoff<br>7. Sicherheit<br>8. Brennstoffzellen<br>9. Projekte |
| **Literatur** | • Skriptum zur Vorlesung<br>• Winter, Nitsch: Wasserstoff als Energieträger<br>• Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry<br>• Kirk, Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology<br>• Larminie, Dicks: Fuel cell systems explained |

## Modul M1709: Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2693) | Integrierte Vorlesung | 2 | 3 |
| Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik (L2695) | Gruppenübung | 2 | 3 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Mirko Skiborowski |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen im Bereich der mathematischen Modellierung und numersichen Mathematik, sowie ein grundlegendes Verständniss verfahrenstechnsicher Prozesse.<br><br>Insbesondere die Inhalte des Moduls Prozess- und Anlagentechnik II |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Das Modul bietet einen generellen Einstieg in die Grundlagen und Möglichkeiten der angewandten mathematischen Optimierung und behandelt dabei Anwendungsgebiete auf unterschiedlichen Skalen von der Identifikation kinetischer Modelle, über die optimale Auslegung von Grundoperationen bis hin zur Optimierung ganzer (Teil-)prozesse und der Produktionsplanung. Dabei werden neben den Grundlagen der Klassifikation und Formulierung von Optimierungsproblemen, unterschiedliche Lösungsansätze und deren Anwendung diskutiert, wobei neben deterministischen gradientenbasierten Verfahren ebenfalls Metaheuristiken wie evolutionäre und genetische Algorithmen besprochen werden.<br><br>•Einführung in die angewandte Optimierung<br><br>• Formulierung von Optimierungsproblemen<br><br>• Lineare Optimierung<br><br>• Nichtlineare Optimierung<br><br>• Gemischt-ganzzahlige (nicht)lineare Optimierung<br><br>• Mehrkriterielle Optimierung<br><br>• Globale Optimierung |
| *Fertigkeiten* | Studierende können nach erfolgreicher Teilnahme am Modul "Angeandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik" die unterschiedlichen Arten von Optimierungsproblemen formulieren und in dafür geeigneiter Software wie Matlab und GAMS entsprechende Lösungsverfahren auszuwählen und weiterführende Lösungsstrategien zu entwickeln. Daüber hinaus sind Sie in der Lage die Ergebnisse entsprechend zu interpretieren und kritisch zu prüfen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Studierende sind in der Lage:<br><br>•in heterogenen Kleingruppen gemeinsam Lösungswege zu erarbeiten |
| *Selbstständigkeit* | Studierende sind in der Lage:<br><br>•sich anhand weiterführender Literatur zum Thema daraus Wissen zu erschließen |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 124, Präsenzstudium 56 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Mündliche Prüfung |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 35 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Vertiefung A - Allgemeine Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Bioverfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Allgemeine Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht<br>Verfahrenstechnik: Vertiefung Chemische Verfahrenstechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L2693: Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Integrierte Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Mirko Skiborowski |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Die Vorlesung bietet einen generellen Einstieg in die Grundlagen und Möglichkeiten der angewandten mathematischen Optimierung und behandelt dabei Anwendungsgebiete auf unterschiedlichen Skalen von der Identifikation kinetischer Modelle, über die optimale Auslegung von Grundoperationen bis hin zur Optimierung ganzer (Teil-)prozesse und der Produktionsplanung. Dabei werden neben den Grundlagen der Klassifikation und Formulierung von Optimierungsproblemen, unterschiedliche Lösungsansätze und deren Anwendung diskutiert, wobei neben deterministischen gradientenbasierten Verfahren ebenfalls Metaheuristiken wie evolutionäre und genetische Algorithmen besprochen werden.<br><br>- Einführung in die angewandte Optimierung<br><br>- Formulierung von Optimierungsproblemen<br><br>- Lineare Optimierung<br><br>- Nichtlineare Optimierung<br><br>- Gemischt-ganzzahlige (nicht)lineare Optimierung<br><br>- Mehrkriterielle Optimierung<br><br>- Globale Optimierung |
| **Literatur** | Weicker, K., Evolutionäre Algortihmen, Springer, 2015<br><br>Edgar, T. F., Himmelblau D. M., Lasdon, L. S., Optimization of Chemical Processes, McGraw Hill, 2001<br><br>Biegler, L. Nonlinear Programming - Concepts, Algorithms, and Applications to Chemical Processes, 2010<br><br>Kallrath, J. Gemischt-ganzzahlige Optimierung: Modellierung in der Praxis, Vieweg, 2002 |

| Lehrveranstaltung L2695: Angewandte Optimierung in der Energie- und Verfahrenstechnik | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Mirko Skiborowski |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

## Modul M0515: Energieinformationssysteme und Elektromobilität

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Elektrische Energiesysteme II: Betrieb und Informationssysteme elektrischer Energienetze (L1696) | Vorlesung | 3 | 4 |
| Elektromobilität (L1833) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Elektrotechnik |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können über die elektrische Energietechnik im Bereich Erneuerbarer Energien einen Überblick geben. Möglichkeiten der Integration von erneuerbaren Energieanlagen in das bestehende Netz, der elektrischen Speichermöglichkeiten und der elektrischen Energieübertragung und- verteilung können sie detailliert erläutern und kritisch dazu Stellung beziehen. |
| *Fertigkeiten* | Mit Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage das erlernte Fachwissen in Aufgabenstellungen zur Auslegung, Integration oder Entwicklung erneuerbarer Energiesysteme angemessen anzuwenden und die Ergebnisse einzuschätzen und zu beurteilen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können fachspezifische und fachübergreifende Diskussionen führen, Ideen weiterentwickeln und ihre eigenen Arbeitsergebnissen vor anderen vertreten. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesung erschließen und das darin enthaltene Wissen aneignen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Mündliche Prüfung |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 40 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Vertiefung Energietechnik: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L1696: Elektrische Energiesysteme II: Betrieb und Informationssysteme elektrischer Energienetze | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 3 |
| **LP** | 4 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42 |
| **Dozenten** | Prof. Christian Becker |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Stationäre Modellierung elektrischer Energiesysteme<br>  ◦ konventionelle Komponenten<br>  ◦ leistungselektronische Netzregler (FACTS) und HGÜ<br>  ◦ Netzmodellierung<br>• Netzbetrieb<br>  ◦ Prozess der elektrischen Energieversorgung<br>  ◦ Netz-/Systemführung<br>  ◦ Netzbereitstellung<br>• Netzleittechnik und Netzleitsysteme<br>  ◦ Informations- und Kommunikationstechnik elektrischer Energiesysteme<br>  ◦ IT-Architekturen der Stations-, Feld- und Netzleitebene<br>  ◦ IT-Integration (Energiemarkt / Engpassmanagement / Asset Management)<br>  ◦ Entwicklungstrends in der Leittechnik<br>  ◦ Smart Grids<br>• Funktionen und stationäre Berechnungen für den Netzbetrieb<br>  ◦ Lastflussberechnungsmethoden<br>  ◦ Sensitivitätsanalyse und Lastflusssteuerung<br>  ◦ Sensitivitätsanalyse<br>  ◦ Betriebsoptimierung<br>  ◦ Symmetrische Kurzschlussberechnung<br>  ◦ Unsymmetrische Fehlerstromberechnung<br>  ▪ symmetrische Komponenten<br>  ▪ Berechnung unsymmetrischer Fehler<br>  ◦ Netzzustandsabschätzung |
| **Literatur** | E. Handschin: Elektrische Energieübertragungssysteme, Hüthig Verlag<br><br>B. R. Oswald: Berechnung von Drehstromnetzen, Springer-Vieweg Verlag<br><br>V. Crastan: Elektrische Energieversorgung Bd. 1 & 3, Springer Verlag<br><br>E.-G. Tietze: Netzleittechnik Bd. 1 & 2, VDE-Verlag |

| Lehrveranstaltung L1833: Elektromobilität | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Klaus Bonhoff |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Einführung und Umfeld<br>• Definition von Elektrofahrzeugen<br>• Exkurs: Elektrofahrzeuge mit Brennstoffzelle<br>• Markthochlauf von Elektroautos<br>• Politischer / Regulativer Rahmen<br>• Historischer Rückblick<br>• Portfolio der Elektrofahrzeuge / Einsatzbeispiele<br>• Mild-Hybrids mit 48 Volt-Technologie<br>• Lithium-Ionen Batterie inkl. Kosten, Roadmap, Produktion, Rohstoffe<br>• Fahrzeugintegration<br>• Energieverbrauch von Elektroautos<br>• Batterielebensdauer<br>• Ladeinfrastruktur<br>• Elektrischer Straßengüterverkehr<br>• Elektrischer ÖPNV / SPNV<br>• Batteriesicherheit |
| **Literatur** | Vorlesungsunterlagen/ lecture material |

## Modul M1710: Smart-Grid-Technologien

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Smart-Grid-Technologien (L2706) | Vorlesung | 3 | 4 |
| Smart-Grid-Technologien (L2707) | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Christian Becker |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Elektrotechnik,<br>Grundlagen der Regelungstechnik,<br>Mathematik I, II, III<br>Elektrische Energiesysteme I<br>Elektrische Energiesysteme II |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Die Studierenden können Verfahren und Technologien zum Betrieb von Smart Grids (intelligente Verteilernetze) detailliert erläutern und kritisch bewerten. |
| *Fertigkeiten* | Mit Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage, die Auswirkungen neuer Technologien (z. B. erneuerbare Energien, Energiespeicher und Demand-Response) auf das Stromnetz zu analysieren. Sie können Techniken der "Computational Intelligence" verstehen und auf Probleme des Verteilnetzbetriebs anwenden. Sie können auch erklären, welche IKT-Technologien (wie digitale Zwillinge und IoT) für den Betrieb von Verteilernetzen relevant und geeignet sind. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können fachspezifische und fachübergreifende Diskussionen führen, Ideen weiterentwicklen und ihre eigenen Arbeitsergebnissen vor anderen vertreten. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die Schwerpunkte der Vorlesung erschließen und das darin enthaltene Wissen aneignen sowie im Rahmen weiterführender Forschungsaktivitäten nutzbar machen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Referat |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 30 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Elektrotechnik: Vertiefung Regelungs- und Energiesystemtechnik: Wahlpflicht<br>Energietechnik: Vertiefung Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L2706: Smart-Grid-Technologien | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 3 |
| **LP** | 4 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 78, Präsenzstudium 42 |
| **Dozenten** | Prof. Christian Becker, Dr. Davood Babazadeh |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe/SoSe |
| **Inhalt** | **Vorstellung von Smart Grids**<br>• Intelligente Verteilnetze<br>• Paradigmenwechsel: Digitalisierung & Nachhaltigkeit<br>**Aufstrebende Technologien in Verteilnetzen**<br>• Dezentrale Energieversorgung (DER)<br>• Batterie-Energiespeicher-Technologien (BES)<br>• Sektorenkopplung & EV/V2G<br>• Microgrids, Wechselrichter-basierte Systeme<br>• Modellierung und Steuerung von PV & BESS<br>**Verteilnetzmanagement & Analyse**<br>• Verteilnetzstruktur (Beispiel Hamburg)<br>• Architektur und Funktionen des Verteilnetzmanagements und -betriebs<br>  ◦ Fehlererkennung, Isolierung & Wiederherstellung<br>  ◦ Selbstheilung in Verteilnetzen<br>  ◦ Volt-Var-Optimierung<br>  ◦ Lastfluss in Verteilnetzen<br>• Demand Side Management & Demand Response<br>• Laborübung (Smart Grid Betrieb)<br>**Rechnerische Intelligenz und Optimierungstechniken**<br>• Rechnerische Herausforderungen im Smart Grid<br>• Heuristische & analytische Optimierungsmethoden<br>• Intelligente Systeme (Expertensysteme, ML/AL)<br>• Anwendungen (optimaler Lastfluss, Platzierung reaktiver Kondensatoren)<br>• Laborübung (Optimierungsformulierung)<br>**ICT-Technologien für intelligente Stromnetze**<br>• Fortschrittliche Metering-Technologien: Intelligente Zähler, RTU, PMU<br>• Telekommunikationssysteme in Smart Grids (Netzwerkgrundlagen und -technologien)<br>• Interoperabilität in Smart Grids<br>  ◦ Smart-Grid-Architekturmodell<br>  ◦ Automatisierungs- und Kommunikationsstandards (IEC 61850, c37.118)<br>• Cyber-Sicherheit<br>• Laborübung (Grid-Automatisierungsprotokolle)<br>**Praktische Erfahrungen: Stromnetz Hamburg (SNH) Perspektive**<br>• Definition von Smart Grid und dessen Anforderungen aus Sicht der Industrie<br>• Netzdigitalisierung - Beispiele von Industrieprojekten<br>• Flexibles Lastmanagement<br>• Integration von Elektromobilität & Verkehrssektor<br>**Studienbesuche:**<br>• Digitales Umspannwerk in Harburg<br>• Elektrobus-Ladestation<br>• Stromnetz Hamburg Leitstand |
| **Literatur** | • Buchholz and Styczynski - 2020 - “Smart Grids: Fundamentals and Technologies in Electric Power Systems of the Future”, Springer<br>• Bernardon and Garcia - 2018 - “Smart Operation for Power Distribution Systems: Concepts and Applications”, Springer<br>• Momoh, 2012; “Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis”, Wiley |

| Lehrveranstaltung L2707: Smart-Grid-Technologien | |
|---|---|
| **Typ** | Projekt-/problembasierte Lehrveranstaltung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Prof. Christian Becker, Dr. Davood Babazadeh |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe/SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

## Modul M1424: Integration Erneuerbarer Energien

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Integration Erneuerbarer Energien I (L2049) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Integration Erneuerbarer Energien I (L2050) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Integration Erneuerbarer Energien II (L2051) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Integration Erneuerbarer Energien II (L2052) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Zukunftsfähige Mobilität (L0010) | Vorlesung | 2 | 2 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Martin Kaltschmitt |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Grundlagen der Erneuerbaren Energien sowie des Energiesystems |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Mit Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, die bisher erlernten fachlichen Grundlagen der verschiedenen Fachgebiete der Erneuerbaren Energien übergreifend einzusetzen und anzuwenden. Es werden aktuelle Problemstellungen in Bezug auf die Integration Erneuerbarer Energien im Energiesystem dargestellt und analysiert. Hierbei wird insbesondere auf die Sektoren Elektrizität, Wärme sowie Mobilität eingegangen, sodass die Studierenden Einblicke in sektorübergreifende Maßnahmen erlangen. |
| *Fertigkeiten* | Die Studierenden können mit Abschluss dieses Moduls die erlernten Grundlagen auf verschiedene sektorenübergreifende Problemstellungen anwenden und in diesem Zusammenhang die Potentiale aber auch Grenzen der Sektorenkopplung im deutschen Energiesystem einschätzen und beurteilen. Insbesondere das Anwenden und Verknüpfen von bereits erlernten Methoden und Wissen soll hier von den Studierenden angewendet werden, sodass ein Weitblick über die verschiedenen Technologien erlangt wird. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Die Studierenden können Problemstellungen in den Themengebieten der Sektorenkopplung und Integration von erneuerbaren Energien miteinander diskutieren. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden können sich selbstständig Quellen auf Basis der Vorlesungsschwerpunkte über das Fachgebiet erschließen und Wissen aneignen. Des Weiteren können die Studierenden weitere Technologien und Kopplungsmöglichkeiten für das Energiesystem selbst recherchieren. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 180 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L2049: Integration Erneuerbarer Energien I | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung<br>2. Fossil dominiertes Energiesystem<br>3. Megatrends der Energiewende<br>4. Charakteristika der erneuerbaren Energiebereitstellungstechnologien - Strom<br>5. Integration EE-Strom I<br>6. Integration EE-Strom II<br>7. Charakteristika der erneuerbaren Energiebereitstellungstechnologien - Wärme<br>8. Integration EE-Wärme I<br>9. Integration EE-Wärme II<br>10. Charakteristika der erneuerbaren Energiebereitstellungstechnologien - Mobilität<br>11. Integration EE-Mobilität<br>12. Kommunikations- und Regelungstechnik<br>13. Verbrauchsminderung<br>14. Lastmanagement<br>15. Zusammenspiel von erneuerbarer Erzeugung und geregelter sinkender Nachfrage |
| **Literatur** | • D. Thrän (editor): Smart Bioenergy. Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems. Springer,Cham, Heielberg, New York, Dordrecht, London, 2015<br>• R. von Miller (Hrsg.): Lexikon der Energietechnik und Kraftmaschinen Band 6 und 7. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart 1965<br>• K. Naumann et. al.: Monitoring Biokraftstoffsektor. 3. Auflage, DBFZ Report Nr. 1, Leipzig, 2016<br>• M. Kaltschmitt, W. Streicher, A. Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. Auflage, Springer |

| Lehrveranstaltung L2050: Integration Erneuerbarer Energien I | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L2051: Integration Erneuerbarer Energien II | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung<br>2. Power-to-Hydrogen<br>3. Power-to-Gas<br>4. Power-to-Liquid<br>5. Power-to-Heat<br>6. Hybrid-Technologien<br>7. Verbund-Technologiekonzepte I<br>8. Verbund-Technologiekonzepte II<br>9. Anbindung an eine regenerative Industrieproduktion<br>10. Nutzung der Rückstände der erneuerbaren Energiebereitstellung<br>11. Biomasse als Systemstabilisator I<br>12. Biomasse als Systemstabilisator II<br>13. Systemmodellierung - Grundlagen<br>14. Systemmodellierung - Ansätze und Ergebnisse<br>15. Planungswerkzeuge |
| **Literatur** | • D. Thrän (editor): Smart Bioenergy. Technologies and concepts for a more flexible bioenergy provision in future energy systems. Springer,Cham, Heielberg, New York, Dordrecht, London, 2015<br>• R. von Miller (Hrsg.): Lexikon der Energietechnik und Kraftmaschinen Band 6 und 7. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart 1965<br>• K. Naumann et. al.: Monitoring Biokraftstoffsektor. 3. Auflage, DBFZ Report Nr. 1, Leipzig, 2016<br>• M. Kaltschmitt, W. Streicher, A. Wiese (Hrsg.): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. Auflage, Springer Berlin Heidelberg, 2006<br>• Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Die Energie der Zukunft. |

| Lehrveranstaltung L2052: Integration Erneuerbarer Energien II | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Volker Lenz |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L0010: Zukunftsfähige Mobilität | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Karsten Wilbrand |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | SoSe |
| **Inhalt** | • Globale Megatrends und zukünftige Herausforderungen der Energieversorgung<br>• Energieszenarien bis 2060 und Bedeutung für den Mobilitätssektor<br>• Nachhaltiger Luft-, Schiffs-, Schienen und Strassenverkehr<br>• Entwicklungen bei Fahrzeug- und Antriebs-Technologie<br>• Überblick Heutige Kraftstoffe (Produktion und Einsatz)<br>• Biokraftstoffe der 1. und 2. Generation (Verfügbarkeit, Produktion, Verträglichkeit)<br>• Erdgas (GTL, CNG, LNG)<br>• Elektromobilität mit Batterie und Wasserstoff-Brennstoffzelle<br>• Well-to-Wheel CO2 Analysen der verschiedenen Optionen<br>• Rechtlicher Rahmen für Personen und Güterverkehr |
| **Literatur** | • Eigene Unterlagen<br>• Veröffentlichungen<br>• Fachliteratur |

## Modul M0528: Maritime Technik und Offshore-Windkraftparks

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Einführung in die Maritime Technik (L0070) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Einführung in die Maritime Technik (L1614) | Gruppenübung | 1 | 1 |
| Offshore-Windkraftparks (L0072) | Vorlesung | 2 | 3 |

| | |
|---|---|
| **Modulverantwortlicher** | Prof. Moustafa Abdel-Maksoud |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | Keine |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | Qualifizierter Bachelor einer Natur- oder Ingenieurwissenschaft; Solide Kenntnisse Fähigkeiten in Mathematik, Mechanik, Strömungsmechanik.<br><br>Grundkenntnisse der Meerestechnik (z.B. aus der einführenden Veranstaltung 'Einführung in die Maritime Technik')<br><br>Gute Grundlagenkenntnisse im Bereich Technische Mechanik<br>Hilfreich aber keine Voraussetzung: Vorkenntnisse in den Bereichen Hydromechanik, Stahlbau, Geotechnik. |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | Nach dem Erfolgreichen Absolvieren dieses Kurses sollten die Studierenden einen Überblick über Phänomene und Methoden der Meerestechnik und Fähigkeit zu Anwendung und Transfer der Methoden auf neuartige Fragestellungen erworben haben. Im Einzelnen sollten die Studierenden:<br>• die verschiedenen Aspekte und Themenfelder der Maritimen Technik einordnen können,<br>• bestehende Methoden auf Fragestellungen der Maritimen Technik anwenden können,<br>• Grenzen des bestehenden Wissens und zukünftige Entwicklungen diskutieren können.<br><br>Anhand ausgewählter Themen sollen die Teilnehmer an aktuelle Forschungsfragen herangeführt und im Rahmen projektorientierter Übungsaufgaben zur Durchführung weitergehender eigenständiger Forschungsaktivitäten befähigt werden.<br><br>Lernziele im Einzelnen:<br>• Benennen aktueller Forschungsfragestellungen der Meerestechnik<br>• Erklären des derzeitigen Forschungsstandes<br>• Anwenden gegebener Techniken zur Bearbeitung vorgegebener Fragestellungen<br>• Bewerten der Grenzen aktueller Methoden<br>• Erkennen von Ansätzen zur Erweiterung bestehender Methoden<br>• Abschätzen von weiteren Entwicklungspotenzialen<br><br>Ein grundlegendes Verständnis der technischen Aufgabenstellungen im Bereich Offshore Windenergie und der Ansätze für ihre Lösung.<br>Ein Einblick in die Marktbedingungen und in das Zusammenwirken der verschiedenen Disziplinen (Windenergieanlagentechnik, Gründungsstrukturen, Umspannplattformen, parkinterne Verkabelung und Seekabel, Fertigung, Offshore Installation, Betrieb und Überwachung, Rückbau). |
| *Fertigkeiten* | Im Rahmen dieser Vorlesung über ein einziges Semester soll und kann den Studenten vor allem ein Überblickswissen und praxisorientierte Kenntnisse vermittelt werden. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Der Dozent trägt nicht nur vor, sondern skizziert an der Tafel und bindet die Studenten in einem Dialog ein. Die Studierenden sind damit gefordert sich zu artikulieren und einen Beitrag in der Gruppe zu leisten. |
| *Selbstständigkeit* | Die Studierenden werden in der Vorlesung immer wieder aufgefordert eigenständig mitzudenken und die grundlegenden Zusammenhänge aufzuzeigen. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 110, Präsenzstudium 70 |
| **Leistungspunkte** | 6 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Klausur |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | 180 min |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Energietechnik: Vertiefung Schiffsmaschinenbau: Wahlpflicht<br>Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht |

| Lehrveranstaltung L0070: Einführung in die Maritime Technik | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Walter Kuehnlein, Dr. Sven Hoog |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | 1. Einführung<br>• Maritime Technik und marine Wissenschaften<br>• Potenziale der See<br>• Industriestrukturen<br>2. Küste und Meer: Umweltbedingungen<br>• Physikalische und chemische Eigenschaften von Meerwasser und Meereis<br>• Strömungen, Seegang, Wind, Eisdynamik<br>• Biosphäre<br>3. Antwortverhalten technischer Strukturen<br>4. Maritime Systeme und Technologien<br>• Konstruktion und Installation von Offshore-Strukturen<br>• Geophysikalische und geotechnische Aspekte<br>• Verankerte und schwimmende Strukturen<br>• Verankerungen, Riser, Pipelines |
| **Literatur** | • Chakrabarti, S., Handbook of Offshore Engineering, vol. I/II, Elsevier 2005.<br>• Gerwick, B.C., Construction of Marine and Offshore Structures, CRC-Press 1999.<br>• Wagner, P., Meerestechnik, Ernst&Sohn 1990.<br>• Clauss, G., Meerestechnische Konstruktionen, Springer 1988.<br>• Knauss, J.A., Introduction to Physical Oceanography, Waveland 2005.<br>• Wright, J. et al., Waves, Tides and Shallow-Water Processes, Butterworth 2006.<br>• Faltinsen, O.M., Sea Loads on Ships and Offshore Structures, Cambridge 1999. |

| Lehrveranstaltung L1614: Einführung in die Maritime Technik | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Walter Kuehnlein |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Siehe korrespondierende Vorlesung |
| **Literatur** | Siehe korrespondierende Vorlesung |

| Lehrveranstaltung L0072: Offshore-Windkraftparks | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 3 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 62, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Alexander Mitzlaff |
| **Sprachen** | DE |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Nichtlineare Wellen: Stabilität, Strukturbildung, solitäre Zustände<br>• Bodengrenzschicht: Wellengrenzschichten, Scour, Hangstabilität<br>• Wechselwirkung zwischen Meereis und Offshore-Strukturen<br>• Wellen- und Strömungsenergiekonversion |
| **Literatur** | • Chakrabarti, S., Handbook of Offshore Engineering, vol. I&II, Elsevier 2005.<br>• Mc Cormick, M.E., Ocean Wave Energy Conversion, Dover 2007.<br>• Infeld, E., Rowlands, G., Nonlinear Waves, Solitons and Chaos, Cambridge 2000.<br>• Johnson, R.S., A Modern Introduction to the Mathematical Theory of Water Waves, Cambridge 1997.<br>• Lykousis, V. et al., Submarine Mass Movements and Their Consequences, Springer 2007.<br>• Nielsen, P., Coastal Bottom Boundary Layers and Sediment Transport, World Scientific 2005.<br>• Research Articles. |

## Modul M1354: Advanced Fuels

**Lehrveranstaltungen**

| Titel | Typ | SWS | LP |
|---|---|---|---|
| Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe (L2414) | Vorlesung | 2 | 2 |
| Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor (L1926) | Vorlesung | 1 | 1 |
| Mobilität und Klimaschutz (L2416) | Gruppenübung | 2 | 2 |
| Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen (L2415) | Vorlesung | 1 | 1 |

**Modulverantwortlicher**: Prof. Martin Kaltschmitt

**Zulassungsvoraussetzungen**: Keine

**Empfohlene Vorkenntnisse**: Bachelorabschluss in Verfahrenstechnik, Bioverfahrenstechnik oder Energie- und Umwelttechnik

**Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse**: Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht

**Fachkompetenz**

*Wissen*

Die Studierenden lernen innerhalb des Moduls verschiedene Bereitstellungspfade zur Herstellung von Advanced Fuels (Biokraftstoffe wie z. B. Alcohol-to-Jet; Strom-basierte Kraftstoffe wie z. B. Power-to-Liquid) kennen. Dazu werden die verschiedenen Verfahrensketten erläutert und die regulatorischen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Kraftstoffproduktion beleuchtet. Hierzu gehören beispielsweise die Anforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II sowie die Voraussetzungen und Aspekte für einen Markthochlauf dieser Kraftstoffe. Für die ganzheitliche Bewertung der verschiedenen Kraftstoffoptionen werden diese abschließend unter ökologischen und ökonomischen Faktoren betrachtet.

*Fertigkeiten*

Die Studierenden sind nach erfolgreicher Teilnahme des Moduls in der Lage zur Lösung von Simulations- und Anwendungsaufgaben der erneuerbaren Energietechnik:

- Modulübergreifende Lösungsansätze zur Auslegung und Darstellung von Kraftstoffproduktionsprozessen bzw. den entsprechenden Bereitstellungsketten
- Umfangreiche Analyse verschiedener Kraftstoffbereitstellungsoptionen in technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht

Durch aktive Diskussionen der verschiedenen Themenschwerpunkte innerhalb der Vorlesungen und Übungen des Moduls verbessern die Studierenden das Verständnis und die Anwendung der theoretischen Grundlagen und sind so in der Lage das Gelernte auf die Praxis zu übertragen.

**Personale Kompetenzen**

*Sozialkompetenz*

Die Studierenden können wissenschaftliche Aufgabenstellungen fachspezifisch und fachübergreifend diskutieren und gemeinsame Lösungen entwickeln.

*Selbstständigkeit*

Die Studierenden können sich selbstständig Quellen über die zu bearbeitende Fragestellung erschließen und sich das darin enthaltene Wissen aneignen. Sie sind fähig in Rücksprache mit Lehrenden ihren jeweiligen Lernstand konkret zu beurteilen und auf dieser Basis weitere Fragestellungen und die für die Lösung notwendigen Arbeitsschritte definieren.

**Arbeitsaufwand in Stunden**: Eigenstudium 96, Präsenzstudium 84

**Leistungspunkte**: 6

**Studienleistung**

| Verpflichtend | Bonus | Art der Studienleistung | Beschreibung |
|---|---|---|---|
| Ja | 20 % | Schriftliche Ausarbeitung | Details werden in der ersten Veranstaltung bekannt gegeben. |

**Prüfung**: Klausur

**Prüfungsdauer und -umfang**: 2 Stunden Klausur

**Zuordnung zu folgenden Curricula**:
Flugzeug-Systemtechnik: Kernqualifikation: Wahlpflicht
Regenerative Energien: Vertiefung Windenergiesysteme: Wahlpflicht
Regenerative Energien: Vertiefung Bioenergiesysteme: Wahlpflicht
Regenerative Energien: Vertiefung Solare Energiesysteme: Wahlpflicht

### Lehrveranstaltung L2414: Biokraftstoffe der 2. Generation und Strombasierte Kraftstoffe

**Typ**: Vorlesung

**SWS**: 2

**LP**: 2

**Arbeitsaufwand in Stunden**: Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28

**Dozenten**: Prof. Martin Kaltschmitt

**Sprachen**: DE/EN

**Zeitraum**: WiSe

**Inhalt**

- Allgemeine Übersicht über verschiedene strombasierte Kraftstoffe und deren Prozesspfade, u.a. Power-to-Liquid Prozess (Fischer-Tropsch-Synthese, Methanol Synthese), Power-to-Gas (Sabatier-Prozess)
- Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe

**Literatur**

- Vorlesungsskript

| Lehrveranstaltung L1926: Kohlenstoffdioxid als ökonomische Determinante im Mobilitätssektor | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Karsten Wilbrand |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | • Allgemeine Übersicht über verschiedene Advanced Biofuels und deren Prozesspfade (u.a. Gas-to-Liquid, HEFA und Alcohol-to-Jet Prozesse)<br>• Herkunft, Herstellung und Verwendung der Kraftstoffe |
| **Literatur** | • Babu, V.: Biofuels Production. Beverly, Mass: Scrivener [u.a.], 2013<br>• Olsson, L.: Biofuels. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007<br>• William, L. L.: Distillation Design and Control Using Aspen Simulation; ISBN-10: 0-471-77888-5<br>• Perry, R.; Green, R.: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, McGraw Hill Professional, 20<br>• Sinnot, R. K.: Chemical Engineering Design, Elsevier, 2014<br>• Kaltschmitt, M.; Neuling, U. (Ed.): Biokerosene - Status and Prospects; Springer, Berlin, Heidelberg, 2018 |

| Lehrveranstaltung L2416: Mobilität und Klimaschutz | |
|---|---|
| **Typ** | Gruppenübung |
| **SWS** | 2 |
| **LP** | 2 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 32, Präsenzstudium 28 |
| **Dozenten** | Dr. Benedikt Buchspies, Dr. Karsten Wilbrand |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Anwendung der erlernten theoretischen Kenntnisse aus den jeweiligen Vorlesungen anhand konkreter Aufgaben aus der Praxis<br>• Auslegung und Simulation von Teilprozessen der Produktionsprozesse in Aspen Plus ®<br>• Ökologische und ökonomische Analyse von Kraftstoffbereitstellungspfaden<br>• Einordnung von Fallbeispielen in geltende Regularien |
| **Literatur** | • Skriptum zur Vorlesung<br>• Aspen Plus® - Aspen Plus User Guide |

| Lehrveranstaltung L2415: Nachhaltigkeitsaspekte und regulatorischer Rahmen | |
|---|---|
| **Typ** | Vorlesung |
| **SWS** | 1 |
| **LP** | 1 |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 16, Präsenzstudium 14 |
| **Dozenten** | Dr. Benedikt Buchspies |
| **Sprachen** | DE/EN |
| **Zeitraum** | WiSe |
| **Inhalt** | Gesamtheitliche Betrachtung der unterschiedlichen Kraftstoffpfade mit u. a folgenden Themenschwerpunkten:<br>• Betrachtung der ökologischen Auswirkungen der verschiedenen Kraftstoffe<br>• Ökonomische Betrachtung der verschiedenen alternativen Kraftstoffe<br>• Regulatorischer Rahmen alternativer Kraftstoffe<br>• Zertifizierung von alternativen Kraftstoffen<br>• Markteinführungsmodelle alternativer Kraftstoffe |
| **Literatur** | • European Commission - Joint Research Center (2010): International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. Joint Research Center (JRC) Institut for Environment and Sustainability, Luxembourg<br>• Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen |

# Thesis

## Modul M-002: Masterarbeit

| | |
|---|---|
| **Lehrveranstaltungen** | |
| **Titel** | **Typ** **SWS** **LP** |
| **Modulverantwortlicher** | Professoren der TUHH |
| **Zulassungsvoraussetzungen** | • Laut ASPO § 21 (1):<br>Es müssen mindestens 60 Leistungspunkte im Studiengang erworben worden sein. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss. |
| **Empfohlene Vorkenntnisse** | keine |
| **Modulziele/ angestrebte Lernergebnisse** | Nach erfolgreicher Teilnahme haben die Studierenden die folgenden Lernergebnisse erreicht |
| **Fachkompetenz** | |
| *Wissen* | • Die Studierenden können das Spezialwissen (Fakten, Theorien und Methoden) ihres Studienfaches sicher zur Bearbeitung fachlicher Fragestellungen einsetzen.<br>• Die Studierenden können in einem oder mehreren Spezialbereichen ihres Faches die relevanten Ansätze und Terminologien in der Tiefe erklären, aktuelle Entwicklungen beschreiben und kritisch Stellung beziehen.<br>• Die Studierenden können eine eigene Forschungsaufgabe in ihrem Fachgebiet verorten, den Forschungsstand erheben und kritisch einschätzen. |
| *Fertigkeiten* | • Die Studierenden sind in der Lage, für die jeweilige fachliche Problemstellung geeignete Methoden auszuwählen, anzuwenden und ggf. weiterzuentwickeln.<br>• Die Studierenden sind in der Lage, im Studium erworbenes Wissen und erlernte Methoden auch auf komplexe und/oder unvollständig definierte Problemstellungen lösungsorientiert anzuwenden.<br>• Die Studierenden können in ihrem Fachgebiet neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeiten und diese kritisch beurteilen. |
| **Personale Kompetenzen** | |
| *Sozialkompetenz* | Studierende können<br>• eine wissenschaftliche Fragestellung für ein Fachpublikum sowohl schriftlich als auch mündlich strukturiert, verständlich und sachlich richtig darstellen.<br>• in einer Fachdiskussion Fragen fachkundig und zugleich adressatengerecht beantworten und dabei eigene Einschätzungen überzeugend vertreten. |
| *Selbstständigkeit* | Studierende sind fähig,<br>• ein eigenes Projekt in Arbeitspakete zu strukturieren und abzuarbeiten.<br>• sich in ein teilweise unbekanntes Arbeitsgebiet des Studiengangs vertieft einzuarbeiten und dafür benötigte Informationen zu erschließen.<br>• Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens umfassend in einer eigenen Forschungsarbeit anzuwenden. |
| **Arbeitsaufwand in Stunden** | Eigenstudium 900, Präsenzstudium 0 |
| **Leistungspunkte** | 30 |
| **Studienleistung** | Keine |
| **Prüfung** | Abschlussarbeit |
| **Prüfungsdauer und -umfang** | laut ASPO |
| **Zuordnung zu folgenden Curricula** | Bauingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Bioverfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Chemical and Bioprocess Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Computer Science: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Elektrotechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Energietechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Environmental Engineering: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Flugzeug-Systemtechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Global Innovation Management: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Informatik-Ingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Information and Communication Systems: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Interdisciplinary Mathematics: Abschlussarbeit: Pflicht<br>International Production Management: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Internationales Wirtschaftsingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Joint European Master in Environmental Studies - Cities and Sustainability: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Logistik, Infrastruktur und Mobilität: Abschlussarbeit: Pflicht |

| | |
|---|---|
| | Materialwissenschaft: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Mechanical Engineering and Management: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Mechatronics: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Mediziningenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Microelectronics and Microsystems: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Produktentwicklung, Werkstoffe und Produktion: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Regenerative Energien: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Schiffbau und Meerestechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Ship and Offshore Technology: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Teilstudiengang Lehramt Metalltechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Theoretischer Maschinenbau: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Verfahrenstechnik: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Wasser- und Umweltingenieurwesen: Abschlussarbeit: Pflicht<br>Zulassungs- und Sachverständigenwesen in der Luftfahrt: Abschlussarbeit: Pflicht |