

Studienmodell 23 Elektrische Energiesysteme und Energiewirtschaft



Modellberatung

Dr.-Ing. Bernd Hoferer (IEH)

Einleitung

- Beschreibung des Studienmodells 23
- Forschung am IEH

Modellplan

Beschreibung der Vorlesungen

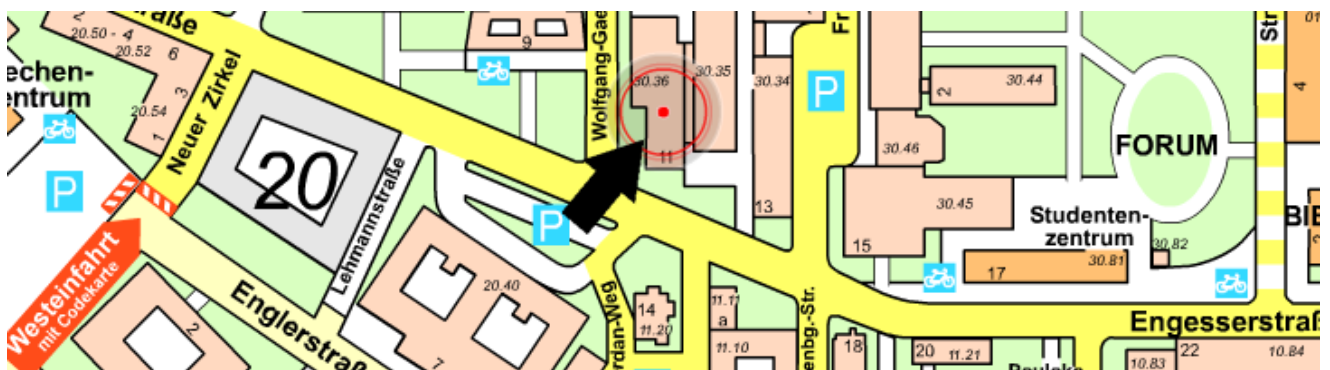
- Elektrische Energienetze
- Energieübertragung und Netzregelung
- Einführung in die Energiewirtschaft
- Energy System Analysis
- Renewable Energy – Resources, Technologies and Economics
- Energietechnisches Praktikum



Anschrift der Modellberater

Dr.-Ing. Bernd Hoferer
Institut für Elektroenergiesysteme
und Hochspannungstechnik (IEH)
Engesserstr. 11, Geb. 30.36
D-76131 Karlsruhe

Tel: 0721 608-43062
Email: bernd.hoferer@kit.edu
Link: http://www.ieh.kit.edu/mitarbeiter_hoferer.php



Studienmodell 23 Elektrische Energiesysteme und Energiewirtschaft

Elektrische Energietechnik und Energiewirtschaft sind in Energieversorgungsunternehmen eng gekoppelte Bereiche. Auf der einen Seite steht die Technik - auf der anderen die Wirtschaft mit all ihren Facetten. Dazu gehört insbesondere der Stromhandel als zentrales Element. Energie wird heute an vielen Stellen gehandelt, der Energiehandel kennt seine eigenen Gesetzmäßigkeiten, die bei Fragen der Energiebereitstellung und der Netzstabilität wieder die technische Seite der Energieversorgung berühren. Der Netzbetrieb wird heute von der Bundesnetzagentur (BNetzA) reglementiert und kontrolliert. Diese Mechanismen gilt es zu verstehen, wenn man auf technischer Seite nachhaltige Lösungen bereitstellen will, sei es auf Seiten der Hersteller von Anlagen und Komponenten oder bei einem Energieversorgungsunternehmen.

In Zukunft werden in der elektrischen Energietechnik zunehmend Ingenieure benötigt, die sowohl die wirtschaftliche Seite der Energieversorgung als auch die technische Seite verstehen. Der rein technisch orientierte Ingenieur wird sich eher ein Berufsumfeld mit rein technischen Aufgabenstellungen suchen. Dem Wirtschaftsingenieur fehlt oft der tiefe Einblick in die Technik. Mit dem Studienmodell 23 sollen Ingenieure ausgebildet werden, die die Lücke zwischen beiden schließen und sich sowohl im technischen als auch im wirtschaftlichen Bereich der Energieversorgung heimisch fühlen.

Ein typisches Aufgabenfeld solcher Ingenieure ist der Netzbetrieb (Leistungsflussmanagement) in Schaltzentralen der Energieversorger. Man benötigt hierzu den technischen Hintergrund, um Eigenschaften und vor allem die Grenzen des Netzes und seiner Komponente zu kennen, aber der Netzbetrieb wird wesentlich durch die Gesetze des Stromhandels geprägt, an denen sich das Handeln der Ingenieure in diesem Bereich primär orientieren muss. Ein weiteres wichtiges Aufgabenfeld ist das strategische Management z. B. bei Energieversorgungsunternehmen. Auf der einen Seite ist die Energiewirtschaft auch stark politisch und gesellschaftlich beeinflusst, auf der anderen Seite sind seitens der Physik und der Technik Randbedingungen gegeben. In diesem Spannungsfeld zu arbeiten ist sicher eine Herausforderung und erfordert Kenntnisse der wirtschaftlichen Seite, ein gewisses Politikverständnis und einen soliden technischen Hintergrund. Ein drittes Aufgabenfeld liegt im Asset-Management, also dem Management der Energieversorgungs- und/oder Erzeugungsanlagen. Hierzu bedarf es dem Verständnis des Marktes (Stromhandel, Netznutzungsregeln, regulatorische Anforderungen, Finanzierungsmodelle) einerseits und der technischen Möglichkeiten der Diagnostik und mehrstufiger Maintenance-Strategien andererseits. In den genannten Fällen benötigt man Ingenieure mit einem guten Grundlagenwissen im Bereich der Energiewirtschaft.

Mit den festen Modellfächern des Studienmodells 23 wird zunächst eine solide ingenieurmäßige Wissensbasis geschaffen, dazu dient das vernetzende Fach mit „Numerische Methoden“, „Optimization of Dynamic Systems“ und „Messtechnik“. Die Spezialisierung (Vertiefungsbereich) im Bereich der elektrischen Energienetze und der Energiewirtschaft erfolgt durch die Vorlesungen „Berechnung elektrischer Energienetze“, „Energieübertragung und Netzregelung“ sowie „Leistungselektronik“. Hinzu kommen die Energiewirtschaftlichen Lehrveranstaltungen „Einführung in die Energiewirtschaft“, „Renewable Energy - Resources,

Technologies and Economics“ sowie „Energy System Analysis“. Ergänzt wird dieser Fächerkanon durch das Energietechnische Praktikum, welches gemeinsam vom IEH und dem ETI veranstaltet wird, oder ein anderes Praktikum. Im Sinne einer breiten Ausbildung ist es empfehlenswert, sich im Wahlfachbereich thematisch nicht zu sehr einzugrenzen. Energietechnik-Ingenieure sollten auf ein breites Wissen auch aus anderen Fachgebieten verfügen, dazu kann der Wahlfachbereich in idealer Weise genutzt werden

Forschung am IEH

Das IEH widmet sich in der Forschung den zur Übertragung und Verteilung elektrischer Energie notwendigen Anlagen, Systemen und Komponenten. Die Forschungsarbeiten lassen sich grob in die Bereiche „Transportnetz“, „Verteilnetz“ und „Komponenten“ aufteilen. Im Bereich „Transportnetz“ geht es um die Betriebsführung des HVAC-Netzes und von HVDC-Übertragungssystemen sowie um das Design und die Betriebsführung eines dem Drehstromnetz überlagerten Hochspannungsgleichstromnetzes (HVDC-Netz). Hier sollen neue Ansätze untersucht werden, wie z. B. eine Abkehr von der strikten Vorgabe der Netzfrequenz von 50Hz, sondern die Aufweitung zu einem Frequenzbereich, in dem sich die Netzfrequenz bewegen kann. Weiterhin werden sogenannte netzbildende Umrichterregelungen entwickelt und an einem Prüfstand erprobt. Diese sind in der Lage, Momentanreserve bereitzustellen – eine Aufgabe, die bislang die Synchrongeneratoren großer thermischer Kraftwerke übernehmen. Im Bereich „Verteilnetz“ werden die Integration von Speichersystemen und die Sektorenkopplung, also die Kopplung zwischen Strom-, Gas- und Wärmenetz untersucht. Hierzu wird das Gebäude 30.36 zu einem „Smart Energy Office Building, SEOB“ umgebaut. Zur Ausrüstung des SEOB gehören ein Elektrolyseur, ein Wasserstoffspeicher, eine Brennstoffzelle, verschiedene stationäre Batteriespeicher, ein rückspeisefähiges Elektrofahrzeug und PV-Anlagen auf der Erzeugungs- und Speicherseite. Auf der Lastseite stehen neben der Werkstatt des IEH insbesondere die Labore und die Büros, von denen jeweils die konsumierte elektrische Leistung gemessen wird. Denkbar ist auch eine Steuerung von bestimmten Versuchen auf Basis des Energieangebotes. Letztlich geht es um die Frage, wie ein optimaler wirtschaftlicher Betrieb in einem typischen Bürogebäude mit Laboren erreicht werden kann. Damit soll auch der Ansatz, das KIT rein regenerativ zu versorgen, unterstützt werden.

Die Ausgestaltung des Studienmodells erfolgt über die Zusammensetzung des Wahlbereichs. Die Zusammenstellung der Wahlfächer ist in einem vom Modellberater der Vertiefungsrichtung zu genehmigenden individuellen Studienplan festzuhalten. Der Modellplan gliedert sich in feste und wählbare Module. Die wählbaren Module sind in Absprache mit dem Modellberater auszuwählen.

Modellplan:

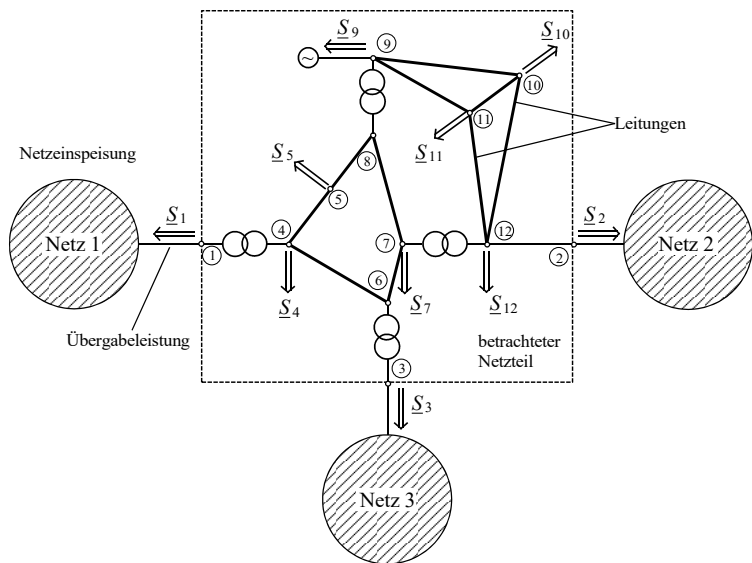
Folgende Module sind für das Studienmodell 23 „Elektrische Energiesysteme und Energiewirtschaft“ verbindlich:

	Sem.	Vorl.-Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V+Ü	LP	Prüfungsdauer
Vernetzen-des Fach	SS	0180300 0180400	Numerische Methoden	2+1	5	2 h, S
	WS	23320 23322	Messtechnik	2+1	4	2 h, S
	WS	23183 23185	Optimization of Dynamic Systems	2+1	5	2 h, S
Vertiefung	SS	2306320 2306322	Leistungselektronik	2+1	5	2 h, S
	SS	2307372 2307374	Energieübertragung und Netzregelung	2+1	5	2 h, S
	WS	23371 23373	Elektrische Energienetze	2+2	6	2 h, S
		2581012	Renewable Energy - Resources, Technologies and Economics	2+0	3	2 h, S
	WS	2581002	Energy System Analysis	2+0	3	2h, S
	SS	2581010 2581011	Einführung in die Energiewirtschaft	2+2	6	2 h, S
	WS	23398	Energietechnisches Praktikum oder alternativ ein Praktikum nach Absprache mit dem Modellberater	0+4	6	8 x 15 min, M
Zwischensumme					47	
Wahlmodule					37	
Überfachliche Qualifikationen					6	
Masterarbeit					30	
Gesamtsumme					120	

Elektrische Energienetze

Dozent: Prof. Dr.-Ing. T. Leibfried
 Umfang: 6 LP (2+2 SWS) im Wintersemester
 Prüfung: schriftliche Prüfung (2 Stunden)
 Unterlagen: Vorlesungsskript, Übungsaufgaben
 Link: http://www.ieh.kit.edu/studium_und_lehre_bee.php
http://www.ieh.kit.edu/studium_und_lehre_eas1_uebung.php

Die Vorlesung Elektrische Energienetze (EEN) behandelt zunächst die Grundlagen der Hochspannungstechnik und beantwortet die Frage, warum hohe Spannungen zur Energieübertragung überhaupt benötigt werden. Im zweiten Kapitel werden wichtige theoretische Grundlagen des Drehstromsystems und verschiedener Komponentensysteme gelegt. Diese werden im späteren Verlauf der Vorlesung zur Behandlung spezieller Fehlerfälle im Netz benötigt. Ein großes Kapitel beschäftigt sich dann mit der Berechnung von Energieübertragungsnetzen und -systemen. Hierunter ist die Lastflussberechnung mit ihren Varianten bis hin zu Optimierungsrechnungen hinsichtlich des Kraftwerkeinsatzes zu verstehen. Anschließend werden Fehlerfälle im Netz behandelt und die dafür nötigen Berechnungsverfahren erarbeitet. Zunächst geht es um den einfachen Fall des 3-poligen Netzkurzschlusses. Anschließend werden mit Hilfe der mathematischen Methode der symmetrischen Komponenten auch unsymmetrische Fehlerfälle berechnet, dies sind 1-polige und 2-polige Kurzschlüsse mit und ohne Erdberührung sowie Leitungsunterbrechungen.



Mit dieser Vorlesung werden die wesentlichen Werkzeuge zur Netzberechnung im störungsfreien stationären Betrieb und im Fehlerfall behandelt und bereitgestellt. Diese Grundlagen über Netze und deren Berechnung sollte jeder Ingenieur beherrschen, der im Bereich der elektrischen Energietechnik tätig sein will.

Energieübertragung und Netzregelung

Dozent:	Prof. Dr.-Ing. T. Leibfried
Umfang:	5 LP (2+1 SWS) im Sommersemester
Prüfung:	schriftliche Prüfung (2 Stunden)
Unterlagen:	Vorlesungsskript, Übungsaufgaben
Link:	http://www.ieh.kit.edu/studium_und_lehre_euen.php http://www.ieh.kit.edu/studium_und_lehre_eas2_uebung.php

Die Vorlesung Energieübertragung und Netzregelung behandelt die Technik der elektrischen Energieübertragung, sei es in Drehstromtechnik oder als Hochspannungsgleichstromübertragung. Zu Beginn wird die Charakteristik der Drehstromübertragung behandelt. Das zweite Kapitel behandelt die Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ), insbesondere die Funktionsweise der Anlagen, die Funktionsweise und teilweise Auslegung der Komponenten und die Regelung von HGÜ-Anlagen. Das dritte Kapitel widmet sich den „Flexible AC Transmission Systems (FACTS)“. Hierbei handelt es sich um leistungselektronische Anlagen, durch welche Energieflüsse im Netz gesteuert werden können. Behandelt werden der Aufbau, die Dimensionierung und die Funktionsweise dieser Anlagen. Das letzte Kapitel behandelt die Netzregelung. Zunächst werden systemdynamische Modelle für verschiedene Kraftwerkstypen abgeleitet. Diese werden durch die prinzipiell geltenden Modelle für ein Netz erweitert. Auf der Basis der so entstehenden Regelstrecke werden die Begriffe „Primärregelung“ und „Sekundärregelung“ erklärt.



Die Vorlesung bildet dadurch ein Kernstück der Studienmodelle „Elektroenergiesysteme und Hochspannungstechnik (9)“, „Regenerative Energien (18)“ sowie „Elektrische Energiesysteme und Energiewirtschaft (23)“ und bereitet optimal auf die Ingenieur Tätigkeit in der Industrie (Siemens, ABB, Alstom als Großunternehmen sowie zahlreiche mittelständische Unternehmen) und bei Energieversorgungsunternehmen (EnBW, RWE, E.ON, Vattenfall sowie zahlreichen Stadtwerken) vor.

Einführung in die Energiewirtschaft

Dozent:	Prof. Dr. rer. pol. Wolf Fichtner
Umfang:	6 LP (2+2 SWS) im Sommersemester
Prüfung:	schriftliche Prüfung
Unterlagen:	Vorlesungsskript, Medien werden über die Lernplattform ILIAS bereitgestellt.

Lernziele:

Der/die Studierende kann die verschiedenen Energieträger und deren Eigenheiten charakterisieren und bewerten und ist in der Lage energiewirtschaftliche Zusammenhänge zu verstehen.

Inhalt

1. Einführung: Begriffe, Einheiten, Umrechnungen
2. Der Energieträger Gas (Reserven, Ressourcen, Technologien)
3. Der Energieträger Öl (Reserven, Ressourcen, Technologien)
4. Der Energieträger Steinkohle (Reserven, Ressourcen, Technologien)
5. Der Energieträger Braunkohle (Reserven, Ressourcen, Technologien)
6. Der Energieträger Uran (Reserven, Ressourcen, Technologien)
7. Der Endenergieträger Elektrizität
8. Der Endenergieträger Wärme
9. Sonstige Endenergieträger (Kälte, Wasserstoff, Druckluft)

Weiterführende Literatur:

- Pfaffenberger, Wolfgang. Energiewirtschaft. ISBN 3-486-24315-2
Feess, Eberhard. Umweltökonomie und Umweltpolitik. ISBN 3-8006-2187-8
Müller, Leonhard. Handbuch der Elektrizitätswirtschaft. ISBN 3-540-67637-6
Stoft, Steven. Power System Economics. ISBN 0-471-15040-1
Erdmann, Georg. Energieökonomik. ISBN 3-7281-2135-5

Energy System Analysis (englischsprachig)

Dozent:	Dr. rer. pol. Valentin Bertsch
Umfang:	3 LP (2 SWS) im Wintersemester
Prüfung:	schriftliche Prüfung
Unterlagen:	Vorlesungsskript, Medien werden über die Lernplattform ILIAS bereitgestellt.

Lernziele:

Der/die Studierende ist in der Lage, die Methoden der Energiesystemanalyse, deren möglichen Anwendungsbereiche in der Energiewirtschaft und deren Grenzen sowie Schwächen zu verstehen und kritisch zu reflektieren und kann ausgewählte Methoden der Energiesystemanalyse selbst anwenden.

Inhalt

1. Überblick über und Klassifizierung von Energiesystemmodellen
2. Anwendung von Methoden der Szenarioplanung im Bereich der Energiesystemanalyse
3. Einsatzplanung von Kraftwerken
4. Interpendenzen in der Energiewirtschaft
5. Szenariobasierte Entscheidungsunterstützung im Energiesektor
6. Visualisierungs- und GIS-Techniken zur Entscheidungsunterstützung im Energiesektor

Weiterführende Literatur:

Möst, D. und Fichtner, W.: Einführung zur Energiesystemanalyse, in: Möst, D., Fichtner, W. und Grunwald, A. (Hrsg.): Energiesystemanalyse, Universitätsverlag Karlsruhe, 2009

Möst, D.; Fichtner, W.; Grunwald, A. (Hrsg.): Energiesystemanalyse - Tagungsband des Workshops 'Energiesystemanalyse' vom 27. November 2008 am KIT Zentrum Energie, Karlsruhe, Universitätsverlag Karlsruhe, 2009

Renewable Energy – Resources, Technologies and Economics (englischsprachig)

Dozent:	Dr. Russel McKenna
Umfang:	3 LP (2 SWS) im Wintersemester
Prüfung:	schriftliche Prüfung
Unterlagen:	Vorlesungsskript, Medien werden über die Lernplattform ILIAS bereitgestellt.

Lernziele:

Der/die Studierende

- versteht die Motivation und globale Zusammenhänge für Erneuerbare Energieressourcen,
- besitzt detaillierte Kenntnisse zu den verschiedenen Erneuerbaren Ressourcen und Techniken, sowie ihren Potenzialen,
- versteht die systemische Zusammenhänge und Wechselwirkung die aus eines erhöhten Anteils erneuerbarer Stromerzeugung resultieren,
- versteht die wesentliche wirtschaftliche Aspekte der Erneuerbaren Energien, inklusive Stromgestehungskosten, politische Förderung, und Vermarktung von Erneuerbaren Strom,
- ist in der Lage, diese Technologien zu charakterisieren und ggf. zu berechnen

Inhalt

1. Allgemeine Einleitung: Motivation, Globaler Stand
2. Grundlagen der Erneuerbaren Energien: Energiebilanz der Erde, Potenzialbegriffe
3. Wasser
4. Wind
5. Sonne
6. Biomasse
7. Erdwärme
8. Sonstige erneuerbare Energien
9. Förderung erneuerbarer Energien
10. Wechselwirkungen im Systemkontext
11. Ausflug zum Energieberg in Mühlburg

Weiterführende Literatur:

Kaltschmitt, M., 2006, Erneuerbare Energien : Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, aktualisierte, korrigierte und ergänzte Auflage Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, A. (eds.), 2007, Renewable Energy: Technology, Economics and Environment, Springer, Heidelberg.

Quaschnig, V., 2010, Erneuerbare Energien und Klimaschutz : Hintergründe - Techniken - Anlagenplanung – Wirtschaftlichkeit München : Hanser, III.2., aktualis. Auflage

Harvey, D., 2010, Energy and the New Reality 2: Carbon-Free Energy Supply, Eathscan, London/Washington

Energietechnisches Praktikum

Dozent:	Dr.-Ing. R. Badent / Dr.-Ing. K.-P. Becker
Betreuung:	Mitarbeiter
Umfang:	6 LP (4 SWS) im Wintersemester
Prüfung:	Praktikumsbegleitende mündliche Prüfungen
Unterlagen:	Aufgabenstellungen werden ausgehändigt
Link:	http://www.ieh.kit.edu/studium_und_lehre_praktikum_elektroenergiesysteme.php

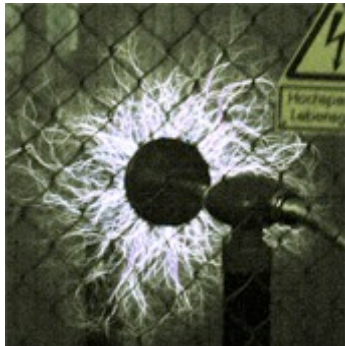
Das Praktikum Elektroenergiesysteme gibt in neun Versuchsnachmittagen einen Überblick über die Besonderheiten und Phänomene der Hochspannungs- und Energietechnik.

Die Unterlagen zur Versuchsvorbereitung ermöglichen ein Verständnis der Theorie der zu Grunde liegenden Phänomene. An anschaulichen und abwechslungsreichen Versuchen wird anschließend das gewonnene Wissen auf die Praxis übertragen.

Der Versuche werden in Gruppen von zwei oder drei Studierenden durchgeführt.

Besonderer Wert wird auf die Sicherheit gelegt: Da mit Spannungen mit bis zu 200 kV gearbeitet wird, ist durch verschiedene Sicherheits- und Sperrmechanismen für maximale Sicherheit der Praktikums Teilnehmer gesorgt.

Bestandteil des Praktikums ist eine Sicherheitsunterweisung und ein Oszilloskopkurs.



Themen:

- Erzeugung und Messung hoher Gleich-, Wechsel- und Stoßspannung
- Gasentladungen
- Teilentladungsmesstechnik
- Wanderwellen
- Kapazitäts- und Verlustwinkel-Messung an Energiekabeln
- Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ)
- Elektromagnetische Verträglichkeit

