



Bachelor-Studiengang / Vertiefungsrichtung Elektrische Energietechnik (EE)



Modellberatung

Einleitung	2
Modellplan	4
Beschreibung der Vorlesungen	8
• Elektroenergiesysteme (EES)	8
• Management elektrischer Energie (EAS)	9
• Diagnostik elektrischer Betriebsmittel	10
• Energietechnisches Praktikum	11
Forschungsgebiete	12

Anschrift der Modellberater



Dr.-Ing. Bernd Hoferer

Institut für Elektroenergiesysteme
und Hochspannungstechnik (IEH)
Engesserstr. 11, Geb. 30.36
76131 Karlsruhe

Tel: 0721 608-3062

Email: hoferer@ieh.uni-karlsruhe.de

Link: <http://www.ieh.uni-karlsruhe.de/hoferer.php>

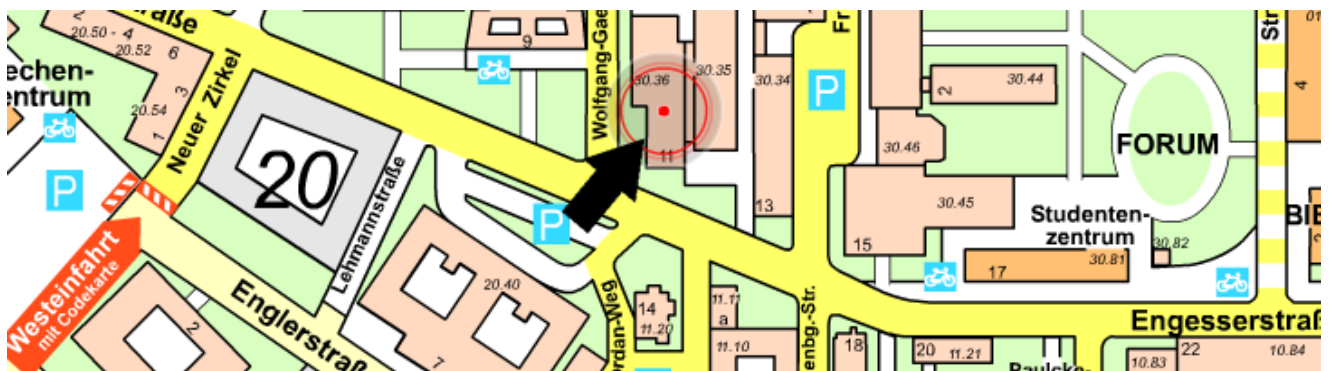
Dipl.-Ing. Christian Homagk

Institut für Elektroenergiesysteme
Und Hochspannungstechnik (IEH)
Engesserstr. 11, Geb. 30.36
76131 Karlsruhe

Tel: 0721 608-3155

Email: homagk@ieh.uni-karlsruhe.de

Link: <http://www.ieh.uni-karlsruhe.de/homagk.php>



Vertiefungsrichtung **Elektrische Energietechnik**

„Energie wird immer gebraucht.“ Diese Aussage ist richtig und garantiert einen steten Bedarf an qualifizierten Energietechnikern. Unser heutiges Leben wäre ohne elektrische Energie nicht denkbar. Die Nachfrage nach gut ausgebildeten Ingenieuren der elektrischen Energietechnik ist deshalb enorm – sowohl seitens der Industrie als auch der Energieversorgungsunternehmen. In Deutschland trägt dazu ganz wesentlich die umfassende Neuorganisation, die so genannte Deregulierung, des Strommarktes bei. Aufgrund der geplanten stufenweise Abschaltung älterer Kraftwerke (auch der Kernkraftwerke) und dem damit verbundenen Bedarf nach anderen umweltfreundlichen und nachhaltigen Arten der Erzeugung elektrischer Energie bieten sich dem Ingenieur neue Herausforderungen und Gestaltungsmöglichkeiten. Windkraftanlagen beispielsweise erleben seit einigen Jahren einen regelrechten Boom mit Steigerungsraten der installierten Leistung von 15 % und mehr. Auch andere Bereiche der regenerativen Energieerzeugung sind im Auf- und Ausbau begriffen. Die Deregulierung des Strommarktes führte zu ganz anderen Anforderungen an den Betrieb elektrischer Netze. Dazu sind erhebliche technische Innovationen auf allen Gebieten der dafür benötigten und heute sehr komplexen Elektroenergiesysteme erforderlich. Zu nennen sind hier, neben innovativen Systemkonzepten der Elektroenergieerzeugung selbst, insbesondere neue Konzepte für den verlustarmen Transport der elektrischen Energie vom Ort der Erzeugung – im Falle von Windkraftanlagen die Küstenregion – hin zu den oft weit entfernten Verbraucherzentren.

Der Begriff „Elektroenergiesysteme“ fasst dabei alle zur Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie notwendigen Anlagen und Produkte zusammen. Das reicht von Einzelkomponenten wie z. B. den Netzbetriebsmitteln (Generatoren, Transformatoren, Kabelsysteme, ...), über moderne Anlagen zur Steuerung der Leistungsflüsse in elektrischen Netzen auf der Basis von Leistungshalbleiterbauelementen (Flexible AC Transmission Systems, FACTS) bis hin zu den Systemen der Leittechnik, zur Prozesssteuerung in Kraftwerken oder komplexen Netzanlagen. Konkret reicht das Aufgabenfeld des Elektroenergieingenieurs von der Grundlagenentwicklung neuer Technologien und Konzepte, z. B. bei Anlagen zur Energieübertragung über weite Strecken mit Gleichstrom (HGÜ), über die Entwicklung neuer technischer Lösungen, z. B. für die Prozessführung und -überwachung von Großanlagen bis hin zur Planung, Berechnung und Konstruktion energietechnischer Anlagen und ihrer Komponenten. Derzeit beginnt die Entwicklung von HGÜ-Systemen mit Übertragungsspannungen von über 800 kV und AC-Übertragungssystemen mit Betriebsspannungen von 1000 kV für extrem lange Übertragungsstrecken. Dies erfordert völlig neue Systemlösungen und Entwicklungen im Bereich der Leistungshalbleiter und neuartigen Materialien. Außerdem werden moderne Schaltungskonzepte und komplexe Systemprüfungen der Komponenten in speziellen Prüffeldern und schließlich der Gesamtanlage vor Ort benötigt. Im Betrieb ist nicht nur die stationäre Stabilität des Energienetzes von Bedeutung; durch ein ausgereiftes regelungstechnisches Gesamtkonzept müssen auch dynamische Vorgänge sicher beherrscht werden.



HGÜ Ventil in der Hochspannungshalle

Neue Herausforderungen ergeben sich für den Ingenieur der elektrischen Energietechnik auch im Bereich der regenerativen Energieerzeugung. Der Einsatz von Windenergie verspricht eine umweltfreundliche und Ressourcen schonende Teillösung unseres Energieproblems. Doch noch gibt es kein überzeugendes Konzept zur Integration der Windenergie in die bestehenden elektrischen Energienetze. Neue Netzstrukturen in Verbindung mit leistungselektronischen Systemen können hier die Lösung sein.

Weitere Einsatzgebiete des Ingenieurs der elektrischen Energietechnik gibt es in Forschungszentren, z. B. im Bereich der Fusionsforschung. Die Zusammenarbeit von Ingenieuren und Physikern auf internationaler Ebene an einem Großprojekt wie dem weltweit beachteten und von der EU über viele Jahre finanzierten ITER-Projekt erlaubt Forschung auf höchstem Niveau in hervorragend ausgestatteten Labors.

Die Studierenden können Fächer aus dem Katalog der von ihnen gewählten Vertiefungsrichtung wählen. Sie haben aber auch die Möglichkeit der individuellen Gestaltung, die durch die Definition der Vertiefungsrichtungen nicht eingeschränkt werden soll. Es empfiehlt sich, bei einem Wunsch nach individueller Zusammenstellung der wählbaren Modellfächer frühzeitig mit dem Modellberater Kontakt aufzunehmen.

Vertiefungsrichtung Elektrische Energietechnik (EE)

Die Vertiefungsrichtung Elektrische Energietechnik besteht in den Semestern 3 bis 6 aus festen Pflichtmodulen und aus Wahlmodulen. Die Bedingungen, wie die Module zusammenzustellen sind, werden im Folgenden angegeben.

Pflichtmodule

Sem.	Modul	Vorl.Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V+Ü	Credits	Prüfungsart	Prüfungsdauer
3	BEE-6	M005 M006	Mathematik III	2+1	4.5		
	BEE-1	23155 23157	Systemdynamik und Regelungstechnik	3+1	6	schriftlich	3 h
	BEE-1	23307 23309	Elektrische Maschinen und Stromrichter	2+2	6	schriftlich	3 h
	BEE-1	23391 23393	Elektroenergiesysteme	2+2	6	schriftlich	2 h
4	BEE-4	23206 23208	Passive Bauelemente	2+1	4.5	schriftlich	3 h
	BEE-4	23704 23706	Festkörperelektronik	2+1	4.5	schriftlich	2 h
	BEE-2	21226 21227	Technische Mechanik	2+1	4.5		
	BEE-2	23341 23343	Quasistationäres Betriebsverhalten der Drehstrommaschinen	2+1	4.5	schriftlich	1.5 h
	BEE-SQ		Schlüsselqualifikationen	4	6		
5	BEE-5	23109 23111	Signale und Systeme	2+1	4.5	schriftlich	3 h
	BEE-5	23456 23457	Halbleiter-Bauelemente	2+1	4.5	schriftlich	3 h
	BEE-5	23406 23408	Grundlagen der Hochfrequenztechnik	2+1	4.5	schriftlich	2 h
	BEE-3	23398	Energietechnisches Praktikum	0+4	6	mündlich	ca. 8x15min.= 2 h
	BEE-3	23371 23373	Management elektrischer Energie	2+2	6	schriftlich	2 h
	BEE-W		Veranstaltungen aus dem Wahlbereich	4	6		
6	BEE-W		Veranstaltungen aus dem Wahlbereich	4	6		
			Bachelorarbeit	8	12		

Pflichtmodule:

Modul BEE-1 Elektrische Energietechnik I (18 Credits)

- Systemdynamik und Regelungstechnik
- Elektrische Maschinen und Stromrichter
- Elektroenergiesysteme

Modul BEE-2 Elektrische Energietechnik II (9 Credits)

- Technische Mechanik
- Quasistationäres Betriebsverhalten der Drehstrommaschinen

Modul BEE-3 Elektrische Energietechnik III (12 Credits)

- Energietechnisches Praktikum
- Management elektrischer Energie

Modul BEE-4 Werkstoffkundliche Grundlagen der Elektrischen Energietechnik (9 Credits)

- Festkörperlektronik
- Passive Bauelemente

Modul BEE-5 Info-techn. Grundlagen der Elektrischen Energietechnik (13.5 Credits)

- Signale und Systeme
- Halbleiter-Bauelemente
- Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Modul BEE-6 (4.5 Credits)

- Mathematik III

Wahlmodule (BEE-W):

Die Zusammenstellung der Wahlmodule ist in einem vom Studienberater der Vertiefungsrichtung zu genehmigenden individuellen Studienplan festzuhalten.

Veranstaltungen mit mind. 12 Credits sind aus folgenden Modulen für den Wahlbereich BEE-W zu wählen. Unter schriftlicher Zustimmung des Studienberaters kann auch ein entsprechendes anderes Fach oder Seminar der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik oder einer anderen Fakultät gewählt werden (eine Lehrveranstaltung mit zugehöriger Prüfung entspricht einem Modul).

Sem.	Modul wie Lehr- verant- altung	Vorl.Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V+Ü	Credits	Prüfungs- art	Prü- fungs- dauer
SS		M 020 M021	Numerische Mathe- matik	2+1	4.5		
SS		23105 23107	Messtechnik	2+1	4.5	schriftlich	3 h
SS		23166 23168	Modellbildung und Identifikation	2+1	4.5	schriftlich	2 h
SS		23628 23629	Kommunikationssys- teme und Protokolle	2+1	4.5	schriftlich	2 h
SS		23506 23508	Nachrichtentechnik I	3+1	6	schriftlich	3 h
WS		23169	Praktikum Automati- on & Information	0+4	6		
WS		23605 23607	Systems and Soft- ware Engineering	2+1	4.5	schriftlich	2 h
WS		23682	Praktikum Mikro- Nano- und Optoe- lektronik	0+4	6	mündlich	ca. 3x15 min.
WS		23680	Mikro- Nano- und Optosysteme	2+0	3		
WS		23733	Optische Systeme	2+0	3	mündlich	ca. 20 min.
SS		23514	Praktikum Nachrich- tentechnik	0+4	6		
SS		23276	Praktikum Biomedizi- nische Messtechnik	0+4	6	mündlich	ca. 20 min.
SS		23365	Diagnostik elektri- scher Betriebsmittel	2+0	3	mündlich	ca. 20 min.
WS		23356	Erzeugung elektri- scher Energie	2+0	3	mündlich	ca. 20 min.
SS		23386	Numerische Feldbe- rechnung in der Rechnergestützten Produktentwicklung	2+0	3	mündlich	ca. 20 min.
SS		23396	Automation in der Energietechnik (Netz- leittechnik)	2+0	3	mündlich	ca. 20 min.

Weitere Modellfächer sind nach Rücksprache mit dem Modellberater möglich!

Schlüsselqualifikationen (BEE-SQ):

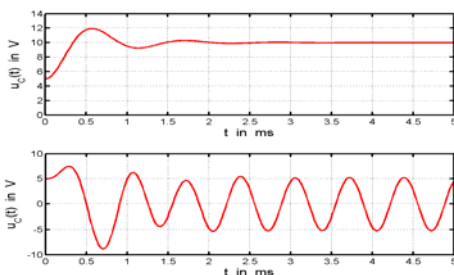
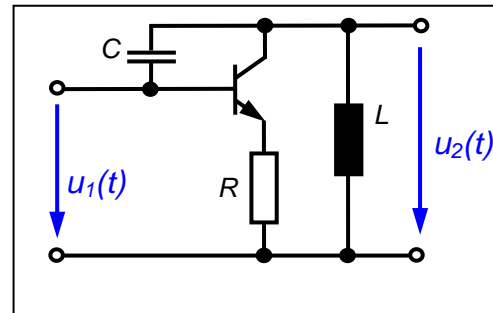
Die Module für den Bereich der Schlüsselqualifikationen BEE-SQ sind mit mind. 6 Credits aus Veranstaltungen der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik oder einer anderen Fakultät zu absolvieren, die inhaltlich folgenden, beispielhaft angeführten Veranstaltungen ähnlich sind.

Sem.	Modul wie Lehrver- anstaltung	Vorl.Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V+Ü	Credits	Prüfungs- art	Prüfungs- dauer
		23541	Das Berufsfeld des Ingenieurs in moder- nen Unternehmen	2+0	3	mündlich	ca. 20 min.
		23387	Betriebswirtschaft für Ingenieure an Fallbei- spielen	2+0	3	mündlich	ca. 20 min.

Elektroenergiesysteme (EES) ab WS 08/09

Dozent:	Prof. Dr.-Ing. T. Leibfried
Betreuung:	Dipl.-Ing. Kai Mössner
Umfang:	2+2 SWS im Wintersemester
Prüfung:	Semesterbegleitende schriftliche Prüfung (jeweils 2 Stunden)
Unterlagen:	Vorlesungsskript, Übungsaufgaben
Link:	http://www.ieh.uni-karlsruhe.de/

Die Vorlesung „Elektroenergiesysteme“ besteht aus zwei Hauptbereichen. Zunächst werden nach einer kurzen Einführung des Wechsel- und Drehstromsystems die elektromagnetischen Grundlagen behandelt. Dies beinhaltet magnetische Kreise mit der Beschreibung ferromagnetischer Materialien durch ihre Hystereseeigenschaften, Induktionsvorgänge und elektromagnetische Kraftwirkungen. Die folgenden Abschnitte widmen sich der Berechnung elektrischer Netzwerke, bestehend aus Widerständen, Kondensatoren, Induktivitäten, magnetisch gekoppelten Systemen sowie gesteuerten Quellen, mit denen aktive Bauelemente (Transistoren und Operationsverstärker) netzwerktechnisch modelliert werden können. Dabei werden Netzwerke zunächst durch Differentialgleichungen beschrieben und durch deren Lösung berechnet; im nächsten Kapitel erfolgt dann die Berechnung elektrischer Netzwerke durch Anwendung der Laplace-Transformation im Frequenz- und Zeitbereich. Abgeschlossen werden diese erweiterten elektrotechnischen Grundlagen durch die Behandlung der Analyseverfahren von Schaltungen, angefangen von den formalen Verfahren wie Maschenstromanalyse und Knotenpotentialanalyse bis hin zu den Hilfssätzen über Netzwerktheorie, wie das Verfahren der Ersatzstrom- und –spannungsquelle, das Reziprozitätstheorem und die Berechnung dreiphasiger Schaltungen.

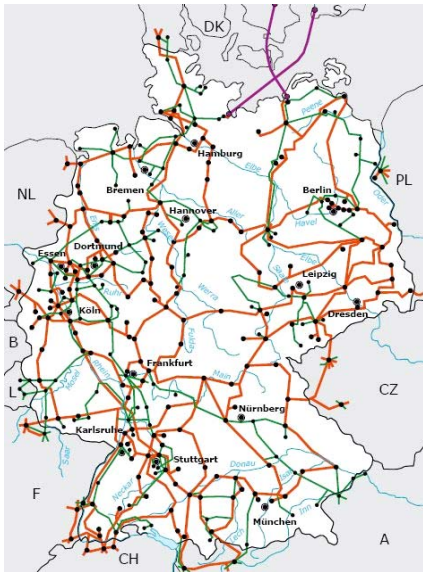


Nach dieser Erweiterung der elektrotechnischen Grundlagen wendet sich die Vorlesung den elektrischen Energienetzen und ihren Betriebsmitteln zu. Nacheinander werden Synchrongeneratoren, Leistungstransformatoren, Drosselspulen, Kondensatorbänke, Leitungen, Wandler und Schaltanlagen behandelt. Dazu sind die zuvor behandelten elektrotechnischen Grundlagen sehr hilfreich. Die Behandlung der Netzbetriebsmittel bildet die Basis für die Vorlesung „Management Elektrischer Energie“ und die Vorlesung „Anlagen- und Systemtechnik“ im Masterstudiengang.



Management elektrischer Energie (MEE) ab WS 09/10

Dozent:	Prof. Dr.-Ing. T. Leibfried
Betreuung:	Dipl.-Ing. Michael Jaya
Umfang:	2+2 SWS im Wintersemester
Prüfung:	Semesterbegleitende schriftliche Prüfung (jeweils 2 Stunden)
Unterlagen:	Vorlesungsskript, Übungsaufgaben
Link:	http://www.ieh.uni-karlsruhe.de/eas1.php



Die Vorlesung „Management elektrischer Energie“ behandelt die Übertragung und Verteilung der elektrischen Energie in Netzen. Die Vorlesung ist damit ein Kernelement der Vertiefungsrichtung „Elektrische Energietechnik“ des Bachelor-Studiengangs und stellt die konsequente Fortführung der Vorlesung „Elektroenergiesysteme“ dar, indem sie auf den bereits behandelten Netzbetriebsmitteln aufbaut. Sie soll einerseits 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) vorbereiten, aber auch auf die Masterausbildung im Bereich der elektrischen Energietechnik. Im Masterstudium wird diese Vorlesung ergänzt durch die Vorlesung „Elektrische Anlagen- und Systemtechnik“ sowie durch Vorlesungen über Hochspannungstechnik („Hochspannungstechnik I“ und „Hochspannungstechnik II“).

Die Vorlesung behandelt die physikalischen Grundlagen und Gesetzmäßigkeiten zur Übertragung elektrischer Energie in Gleichstromnetzen und Drehstromnetzen. Daran schließt sich die Behandlung von Verfahren zur Berechnung der Lastflüsse in elektrischen Energienetzen an. Bei der darauf folgenden Kurzschlussstromberechnung wird zunächst der 3-polige Kurzschluss behandelt, um dann durch ein spezielles Verfahren – der Methode der symmetrischen Komponenten – auch unsymmetrische Netze und Fehler in Netzen berechnen zu können. Abgeschlossen wird die Vorlesung mit einer Einführung in die Hochspannungstechnik, welche die Grundlage zur Übertragung elektrischer Energie bis in den GW-Bereich darstellt.



Zusammen mit der Vorlesung „Elektroenergiesysteme“ werden praktisch alle relevanten Themen zur Berechnung elektrischer Energienetze abgedeckt. Ideal ergänzt wird dies durch die Vorlesung „Erzeugung elektrischer Energie“ aus dem Bereich der Wahlmodule. In dieser Vorlesung werden die Grundlagen zur Erzeugung der elektrischen Energie in allen heute angewandten und denkbaren Kraftwerkstypen behandelt.



Diagnostik elektrischer Betriebsmittel

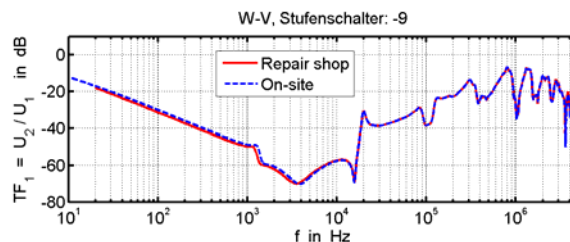
Dozent: Prof. Dr.-Ing. T. Leibfried
 Umfang: 2 SWS
 Prüfung: Mündliche Prüfung
 Unterlagen: Vorlesungsskript
 Link: http://www.ieh.uni-karlsruhe.de/diagnostik_elektrischer_betriebsmittel.php

Ein aktuelles Arbeitsgebiet in der Energietechnik sowohl in der Industrie, bei Energieversorgungsunternehmen oder als unabhängiger Dienstleister ist die Diagnose elektrischer Netzbetriebsmittel. Durch Anwendung diagnostischer Verfahren soll der Zustand des untersuchten Betriebsmittels, z. B. von Generatoren, Transformatoren und Kabelsystemen, bestimmt werden. Dies beinhaltet neben der Erkennung typischer Fehler insbesondere die Bestimmung des Alterungszustandes bis hin zur Abschätzung der Restlebensdauer. Die Vorlesung Diagnostik elektrischer Betriebsmittel (DEB) gibt einen Einblick in die dazu verwendete spezielle Sensorik, die Methoden der Messwerterfassung sowie Signalverarbeitung und -analyse. Die Diagnostik elektrischer Betriebsmittel hat in diesen Punkten eine große Verwandtschaft mit der medizinischen Diagnostik durch komplexe elektronische Messverfahren.



Der Inhalt der Vorlesung reicht von der betriebsmittelspezifischen Sensorik, über die Messdatenerfassung und die erforderliche Signalverarbeitung bis hin zur Interpretation der aus den Messgrößen berechneten Zustandsgrößen zur Erkennung bestimmter typischer Defekte von elektrischen Betriebsmitteln. Im dem einführenden Kapitel werden Sinn und Ziele der Diagnostik vor dem derzeitigen ökonomischen Hintergrund der elektrischen Energieversorgung diskutiert. Dabei werden insbesondere die

Begriffe „Monitoring“ und „Diagnostik“ definiert und gegeneinander abgegrenzt. Die daran anschließenden Kapitel behandeln grundlegende diagnostische Methoden, die bei vielen elektrischen Betriebsmitteln eingesetzt werden können: die dielektrische Analyse, die Teilentladungsmessung und die Frequenzganganalyse. Im Folgenden werden die elektrischen Betriebsmittel, insbesondere ihr konstruktiver Aufbau, typische Fehler und Alterungsvorgänge sowie die Möglichkeiten zu deren Erkennung betrachtet. Dabei werden alle für die Betriebsmittel Transformatoren, Synchrongeneratoren und Kabel einsetzbaren diagnostischen Verfahren behandelt.



Energietechnisches Praktikum (ab WS 09/10)

Dozent:	Prof. Dr.-Ing. T. Leibfried / Prof. Dr.-Ing. M. Braun
Betreuung:	Mitarbeiter
Umfang:	4 SWS im Wintersemester
Prüfung:	Praktikumsbegleitende mündliche Prüfungen
Unterlagen:	Aufgabenstellungen werden ausgehändigt
Link:	http://www.ieh.uni-karlsruhe.de

Das Energietechnische Praktikum gibt in acht Versuchsnachmittagen einen Überblick über die Besonderheiten und Phänomene der Antriebs-, Hochspannungs- und Energietechnik.

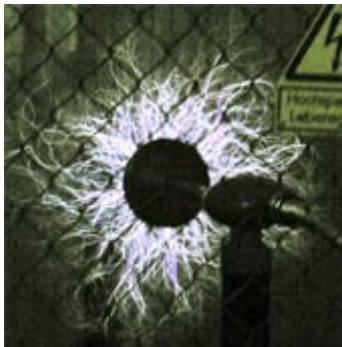
Die Unterlagen zur Versuchsvorbereitung ermöglichen ein Verständnis der Theorie der zu Grunde liegenden Phänomene. An anschaulichen und abwechslungsreichen Versuchen wird anschließend das gewonnene Wissen auf die Praxis übertragen.

Der Versuche werden in Gruppen von zwei oder drei Studierenden durchgeführt. Die Versuchsnachmittage werden vom Elektrotechnischen Institut (ETI) und vom Institut für Elektroenergiesysteme und Hochspannungstechnik (IEH) betreut.



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 Praktikumssteilnehmer gesorgt.

Bestandteil des IEH Praktikums ist eine Sicherheitsunterweisung und ein Oszilloskopkurs.



Themen:

- Erzeugung und Messung hoher Gleich- und Wechselspannung
- Diagnostik elektrischer Betriebsmittel
- Transiente Vorgänge in der Hochspannungstechnik
- Dielektrische Festigkeit von Isolierstoffen

- Mathematische Modellierung der dielektrischen Eigenschaften von Isolationssystemen im Frequenz- und Zeitbereich
- Hochspannungsprüfsysteme auf Basis leistungselektronischer Frequenzumrichter zur Prüfung von Leistungstransformatoren
- Untersuchung der Spannungsfestigkeit von Isolationssystemen bei hohen Spannungen und hohen Frequenzen
- Diagnostik von Leistungstransformatoren
- Dynamische Modellierung von elektrischen Betriebsmitteln und Netzen
- Aktive Dämpfung von Torsionsschwingungen auf ausgedehnten Wellensystemen von Kraftwerksturbinen oder Hybridfahrzeugen
- Teilentladungs-Diagnostik an Energiekabeln
- Vacuum Switched FACTS Controllers (VS FACTS)
- Ersatz von Mineralöl als Isolier- und Kühlmedium durch regenerative Pflanzenöle