

**Modulhandbuch**  
**für das**  
**Master-Programm Energy Science**  
**an der**  
**Universität Duisburg-Essen**

21. September 2016

<b>Einleitung/Studienplan.....</b>	<b>3</b>
<b>Kompetenzbereich      Energiewissenschaft .....</b>	<b>6</b>
<i>Fortgeschrittene Energiewissenschaft .....</i>	<i>7</i>
<b>Kompetenzbereich      Allgemeine Naturwissenschaften .....</b>	<b>23</b>
<i>Naturwissenschaftliche Vertiefung .....</i>	<i>24</i>
<b>Weitere Qualifikationen.....</b>	<b>36</b>
<i>Forschungsphase 1.....</i>	<i>37</i>
<i>Forschungsphase 2: Master-Arbeit.....</i>	<i>39</i>
<b>Legende .....</b>	<b>41</b>
<b>Studienplan: Module und Veranstaltungen .....</b>	<b>42</b>

## **Einleitung/Studienplan**

Dieser Master-Studiengang ist ein eigenständiger Teil des interdisziplinären, konsekutiven Studiengangs *Energy Science* (4 Jahre Bachelor-Programm und 1 Jahr Master-Programm). Er führt zum wissenschaftlichen Abschluss des Studiengangs und bereitet die Studierenden auf die Entwicklung und Beurteilung von Konzepten für die Energieversorgung hochtechnisierter Gesellschaften vor. Das geschieht hauptsächlich aus der wissenschaftlichen Perspektive, vermittelt wird aber auch ein allgemeiner Überblick über die dazugehörigen Technologien und ihre Nachhaltigkeit.

### **Studienziele:**

Die Studierenden erwerben unter Berücksichtigung der nationalen und internationalen Anforderungen und Veränderungen der Berufswelt fachliche Kenntnisse und methodische Fähigkeiten, die sie zur Anwendung und kritischen Einordnung wissenschaftlicher Erkenntnisse und zu verantwortlichem Handeln befähigen. Das Studium vermittelt insbesondere interdisziplinäres Wissen zur Energiethematik (naturwissenschaftliche Grundlagen, technische Bereitstellung, Aspekte der Umweltverträglichkeit, der Wirtschaftlichkeit und der Nachhaltigkeit). Verankert wird dies vor allem in fundierten Kenntnissen in der experimentellen und theoretischen Physik.

Ein erfolgreich absolvierter Master-Studiengang bereitet auf den Einstieg ins Berufsleben oder eine weiterführende Promotion vor. Die Absolventinnen und Absolventen des Master-Studiengangs "Energy Science" verfügen mit ihren Kenntnissen und Fähigkeiten über eine Qualifizierung auf naturwissenschaftlich-technischer Grundlage, über die in der Berufsausübung benötigten Schlüsselqualifikationen und über eine hohe Flexibilität als Basis für die weitere Qualifizierung und Spezialisierung. Im Einzelnen bedeutet dies:

- Sie haben ein vertieftes physikalisches und chemisches Wissen erworben, das sie zu einem naturwissenschaftlichen Problemverständnis befähigt. Dies schließt ein tiefergehendes Verständnis aktueller Forschungsgebiete ein.
- Sie können ihr Wissen auf physikalische, chemische oder technische Aufgabenstellungen anwenden und vertiefen und haben damit fachübergreifende Problemlösungskompetenz erworben.
- Sie kennen wichtige in Physik und Technik eingesetzte mathematische Methoden und können diese zur Lösung physikalisch-technischer Probleme einsetzen.
- Sie können moderne naturwissenschaftliche Messmethoden einsetzen und sind in der Lage, die Aussagekraft der Resultate richtig einzuschätzen.
- Sie können Energieversorgungssysteme unter den Gesichtspunkten der Umweltverträglichkeit, der Wirtschaftlichkeit und der Nachhaltigkeit miteinander vergleichen und beurteilen.
- Sie sind somit in der Lage, fachübergreifende Probleme der Energiewissenschaft, die zielorientiertes und logisch fundiertes Herangehen erfordern, auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse selbständig einzuordnen und durch Einsatz naturwissenschaftlicher und mathematischer Methoden zu analysieren bzw. zu lösen.
- Sie sind befähigt, ihr Wissen auf unterschiedlichen Gebieten einzusetzen und in ihrer beruflichen Tätigkeit verantwortlich zu handeln. Dabei können sie auch neue Tendenzen auf ihrem Fachgebiet erkennen und deren Methodik – gegebenenfalls nach entsprechender Qualifizierung - in ihre weitere Arbeit einbeziehen.

# Modulhandbuch Master Energy Science

- Sie können das im Masterstudium erworbene Wissen ständig eigenverantwortlich ergänzen und vertiefen; sie sind mit entsprechenden Lernstrategien vertraut (lebenslanges Lernen) und prinzipiell zu einer Promotion befähigt.
- Sie haben in ihrem Studium Erfahrungen mit überfachlichen Qualifikationen (z. B. Zeitmanagement, Lern- und Arbeitstechniken, Kooperationsbereitschaft, Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit, Regeln guter wissenschaftlicher Praxis) erhalten und sind befähigt, diese Fähigkeiten weiter auszubauen.
- Sie haben Kommunikationstechniken erlernt und sind mit der englischen Fachsprache vertraut.
- Sie sind dazu befähigt, eine geeignete wissenschaftliche Aufgabenstellung zu lösen und ihre Ergebnisse im mündlichen Vortrag und schriftlich (demonstriert in der Master-Arbeit) zu präsentieren.
- Sie sind fähig, das im Studium erworbene Wissen ständig eigenverantwortlich zu ergänzen und haben die für einen Physiker typische Problemlösungskompetenz erworben.

## Studienplan:

Die Regelstudienzeit beträgt 1 Jahr und schließt mit dem Master of Science (M.Sc.) ab.

Dieser Abschluss bescheinigt die oben beschriebenen Berufsqualifikationen. Absolventen können entsprechende Berufe, z. B. in der Forschung und Entwicklung von Energiewandlung und -speicherung, Energie Management oder Energie Beratung ergreifen.

Das Master-Programm ist, wie im folgenden Diagramm dargestellt, modular aufgebaut. Die Kurse, die zu einem Modul gehören, ihre Inhalte und die vermittelten Qualifikationen werden in diesem Handbuch beschrieben. In der Modulbeschreibung findet man Angaben zu den Zielen des Moduls, zu Art und Umfang sowie zu den Inhalten der darin enthaltenen Lehrveranstaltungen, empfohlene Literatur und - nicht zuletzt - Angaben zu den Modalitäten der geforderten Prüfungen und Studienleistungen. In einigen Fällen enthält die Beschreibung der Prüfungsmodalitäten mehrere Alternativen zur Prüfungsform (z. B. schriftliche oder mündliche Prüfung), Prüfungsdauer oder zu den Kriterien zur Erfüllung einer Prüfungsvorleistung (z. B. erfolgreiche Teilnahme an den Übungen). In diesen Fällen werden die Prüfungsmodalitäten vom jeweiligen Dozenten zu Beginn der Veranstaltung (z. B. in der ersten Vorlesungsstunde) zusammen mit den jeweiligen Prüfungsterminen für alle Teilnehmer verbindlich festgelegt. Genauere Angaben zu den Inhalten der Module sind bei den Modulverantwortlichen oder dem Dozenten bzw. der Dozentin der aktuellen Lehrveranstaltung zu erfragen. Der für einen Kurs erforderliche Zeitaufwand wird mit einer bestimmten Anzahl von Credits nach dem European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS), ausgedrückt. Ein ECTS-Credit entspricht dabei einer Arbeitsbelastung von 30 Stunden.

Die Unterrichtssprache im Programm ist Englisch oder Deutsch. Dies bedeutet, dass Lehrveranstaltungen entweder in deutscher oder englischer Sprache abgehalten werden und Prüfungsleistungen in beiden Sprachen erbracht werden können.

Zur besseren Übersicht werden die Module, die ähnliche Qualifikationen vermitteln, in drei Kompetenzbereiche gegliedert:

Der Kompetenzbereich *Energiewissenschaft* befasst sich mit den interdisziplinären Aspekten der Energieversorgung, angefangen bei den mikroskopischen Grundlagen der Energiewandlung, des Energietransports und der Energiespeicherung bis hin zu technologischen, wirtschaftlichen und nachhaltigen Gesichtspunkten.

# Modulhandbuch Master Energy Science

Im Kompetenzbereich *Allgemeine Naturwissenschaften* werden energierelevante naturwissenschaftliche Kenntnisse auf dem Stand der aktuellen Forschung vermittelt.

Der Kompetenzbereich *Weitere Qualifikationen* beinhaltet die *Forschungsphasen* (1 und 2), die in einer Forschungsgruppe der am Studiengang beteiligten Fakultäten durchgeführt und von einer Hochschullehrerin, einem Hochschullehrer, einer Privatdozentin oder einem Privatdozenten individuell betreut werden. Im Rahmen der Möglichkeiten der Fakultäten können die Studierenden ihre Betreuerin oder ihren Betreuer frei wählen. Im ersten Abschnitt der Forschungsphase (Modul *Forschungsphase 1*, Dauer: 3 Monate) arbeiten sich die Studierenden in eine Fragestellung der aktuellen energiewissenschaftlichen Forschung ein und erwerben die notwendigen Fertigkeiten zur Forschung an der Fragestellung. Aus dieser Beschäftigung erwächst dann das Thema der *Master-Arbeit*, die in den nächsten 6 Monaten (Modul *Forschungsphase 2*) selbständig unter Anleitung der Betreuerin oder des Betreuers erstellt wird und die den Abschluss des Master-Studiums bildet.

## Studienplan für den Master-Studiengang Energy Science

Sem.	Energiewissenschaft		Allgemeine Naturwissenschaften		Weitere Qualifikationen		Σ Cr
	Modul	Cr	Modul	Cr	Modul	Cr	
1	Fortgeschrittene Energiewissenschaft	9	Naturwissenschaftliche Vertiefung	6	Forschungsphase 1: Einarbeitung	15	30
2					Forschungsphase 2: Master-Arbeit	30	30
		9		6		45	60

Der Fakultät ist ständig bemüht, die inhaltlichen und die organisatorischen Aspekte des Studiums weiter zu verbessern und behält sich Änderungen dieses Modulhandbuchs vor. Es empfiehlt sich, jeweils nach der neuesten Version im Internetauftritt des Studiengangs zu schauen.

# **Kompetenzbereich Energiewissenschaft**

Modulname	Modulcode
<b>Fortgeschrittene Energiewissenschaft</b>	ENERGY-M1-E
Modulverantwortliche/	Fachbereich
Möller	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1	15 Wochen	WP	9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Keine	

## Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Moderne Energiesysteme	WP	3	90 h	3
II	Strömungsmaschinen	WP	3	90 h	3
III	Nanotechnologie	WP	3	90 h	3
IV	Regenerative Energietechnik	WP	3	90 h	3
V	Grundlagen der Hochspannungstechnik	WP	3	90 h	3
VI	Hochspannungsgleichstromübertragung	WP	3	90 h	3
VII	Netzberechnung	WP	3	90 h	3
VIII	Informationstechnik in der Energietechnik	WP	3	90 h	3
IX	Windenergie	WP	3	90 h	3
X	Elektromagnetische Verträglichkeit	WP	3	90 h	3
XI	Kommunikationsnetze	WP	4	120 h	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			6 - 10	180 - 270 h	6 - 9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden besitzen ein vertieftes Wissen auf dem Gebiet der technischen Energiewandlung, können dies auf entsprechende Aufgabenstellungen anwenden und haben damit fachübergreifende Problemlösungskompetenz erworben..
davon Schlüsselqualifikationen
Interdisziplinäre Kommunikationsfähigkeit im ingenieurwissenschaftlichen Bereich.

Prüfungsleistungen im Modul
Benotete Studien- bzw. Prüfungsleistungen in drei Lehrveranstaltungen aus dem Wahlpflichtkanon. Die Modulnote wird als gewichtetes Mittel der beiden besten Lehrveranstaltungsnoten (entsprechend § 26 Abs. 3 PO) gebildet, wobei nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt wird.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Modulnote geht mit dem Gewicht der belegten Lehrveranstaltungen ( <b>6 -9 Cr</b> ) in die Gesamtnote ein



Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Moderne Energiesysteme</b>		ENERGY-M1-E-ME	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Heinzel		Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung (2SWS) und Übungen (1SWS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen Systeme zur Strom- und Wärmeversorgung nach dem aktuellen Stand der Technik sowie die in der Entwicklung befindlichen zukünftigen Energiesysteme. Sie können diese modernen Energiesysteme anhand der grundlegenden Methoden zur technischen bzw. ökologischen Beurteilung von Prozessen und Verfahren bewerten und die Wirtschaftlichkeit von Prozessen der Energietechnik (Verfahrensvergleich) beurteilen.
Inhalte
<p>Die Studierenden haben dadurch tiefergehende Fachkenntnisse im Technologiefeld der Energietechnik bzw. der Energiewirtschaft.</p> <p>Im Rahmen dieser Veranstaltung werden ausgewählte Energiesysteme stofflich, energetisch und hinsichtlich ihrer Kostenstrukturen bilanziert. Über die Darstellung der Funktionsweise wichtiger Prozesse und energiewirtschaftlicher Zusammenhänge werden die erforderlichen Methoden vorgestellt, so dass man anhand praxisnaher Beispiele zu eigenen qualitativen und quantitativen Aussagen kommen kann.</p> <p>Die Vorlesung strebt das vertiefte Verständnis wichtiger komplexer Systeme der Energietechnik unter technischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten an. Es werden die Konzepte fossil gefeuerter Kraftwerke (moderne Steinkohle-, Braunkohle- und GuD-Anlagen) von Kernkraftwerken und von Blockheizkraftwerken zur dezentralen Strom- und Wärmeversorgung vorgestellt und bilanziert.</p> <p>Des weiteren werden die Aspekte des Energietransportes, der Energiespeicherung und der Bereich der Heizwärmeversorgung beleuchtet.</p>
Prüfungsleistung
Art und Dauer der Prüfungsleistung wird vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.

Literatur
Vorlesungsskript
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Strömungsmaschinen</b>		ENERGY-M1-E-SM	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Benra		Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die weitergehenden Beschreibungsmöglichkeiten der Arbeitsumsetzung (Energiewandlung) in Strömungsmaschinen. Sie beherrschen die Theorie der zwei- und dreidimensionalen Strömung und können die Grundlagen dieser Theorie auf die verschiedenen Maschinenarten anwenden.
Inhalte
Neben den unterschiedlichen Betriebsarten werden auch die Grundlagen des Betriebsverhaltens und der Regelung von Strömungsmaschinen vermittelt. Die Vorlesung Strömungsmaschinen baut auf der Vorlesung Wärmekraft- und Arbeitsmaschinen des Bachelor-Studienganges auf. Von den teilnehmenden Studierenden wird erwartet, dass die Grundlagen der Strömungsmaschinen (thermodynamische Zusammenhänge, Arbeitsprinzip und eindimensionale Theorie der SM) verstanden sind und angewendet werden können. Weiterführend werden in der Vorlesung SM die zwei- und die dreidimensionale Strömung in SM ausführlich besprochen. Zusätzlich werden das Betriebsverhalten diverser Strömungsmaschinentypen, sowie die Betriebsweise und die Regelungsmöglichkeiten von SM behandelt.
Prüfungsleistung
Art und Dauer der Prüfungsleistung wird vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pfleiderer, C.; Petermann, H.: Strömungsmaschinen</li> <li>Springer-Verlag, 1997</li> </ul>

- Fister, W.: Fluidenergiemaschinen Band I
- Springer-Verlag, 1984
- Fister, W.: Fluidenergiemaschinen Band II
- Springer-Verlag, 1986
- Gülich, J. F.: Kreiselpumpen
- Springer-Verlag, 1999
- Turton, R. K.: Principles of Turbomachinery
- Kluwer Academic Publishers, 1995
- Japikse, D.; Baines, N. C.: Introduction to Turbomachinery
- Concepts ETI, Inc., 1994
- Japikse, D.; Marscher, W. D.; Furst, R. B.: Centrifugal Pump Design and Performance
- Concepts ETI, Inc., 1997

Weitere Informationen zur Veranstaltung

.

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Nanotechnologie</b>		ENERGY-M1-E-NT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Notthoff		Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungsaufgaben
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die grundlegenden Größeneffekte, welche Eigenschaften mit ihnen verändert oder erzeugt werden können und in welchen Anwendungen entsprechende Nanostrukturen oder Nanomaterialien eingesetzt werden können. Die Studierenden sind vertraut mit Herstellungs- und Verarbeitungsmethoden von Nanostrukturen und Nanomaterialien sowie geeigneten Charakterisierungsmethoden.
Inhalte
<p>Die Nanotechnologie stellt ein schnell wachsendes Gebiet in Wissenschaft und Technik dar. Es wird erwartet, daß die nanotechnologischen Konzepte sich in den nächsten Jahren und Jahrzehnten in vielen Anwendungen durchsetzen. Ziel dieser Vorlesung ist die Einführung von grundlegenden Konzepten der Nanotechnologie. Unter anderem werden die verschiedenen Nanostrukturen und deren Herstellungsverfahren, ihre Charakterisierung und die vielfältigen Eigenschaften, die sich zum Teil dramatisch von konventionellen Materialien unterscheiden, behandelt.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung</li> <li>2. Größeneffekte - Grenzflächenthermodynamik</li> <li>3. Größeneffekte - Quantenmechanik</li> <li>4. Herstellung - Molekularstrahlepitaxie</li> <li>5. Herstellung - Lithographie</li> <li>6. Herstellung – Kolloide / Aerosole</li> <li>7. Verarbeitung - Sintern</li> <li>8. Verarbeitung - Kolloide</li> <li>9. Charakterisierung - Partikeloberfläche und Größe</li> <li>10. Charakterisierung – Beugung und Spektroskopie</li> </ol>

11. Charakterisierung – Mikroskopie und Rastersonden-Verfahren 12. Eigenschaften und Anwendungen - Mechanisch 13. Eigenschaften und Anwendungen - Magnetisch 14. Eigenschaften und Anwendungen - Ober- und Grenzflächen
Prüfungsleistung
Art und Dauer der Prüfungsleistung wird vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>• A. S. Edelstein, R. C. Cammarata, \"Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications\", IOP, Bristol 1996 und</li></ul> Aktuelle Original-Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung
.

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Regenerative Energietechnik 1</b>		ENERGY-M1-E-RE	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Heinzel, Mahlendorf		Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungen
Lernergebnisse / Kompetenzen
Dier Studierenden verstehen die Prinzipien der energetischen Nutzung von Solarenergie, kennen den technischen Aufbau und den Wirkungsgrad verschiedener Solaranlagen und können das technische und wirtschaftliche Potential der Nutzung der Solarenergie einschätzen.
Inhalte
In der Vorlesung wird die Bandbreite der thermischen und photovoltaischen Nutzung der Sonnenenergie vorgestellt. Nach einer Diskussion der Grundlagen des solaren Strahlungsangebotes (Physikalische Grundlagen der Strahlung, Strahlungsbilanzen, Himmelsstrahlung, Globalstrahlung, Messung solarer Strahlungsenergie) werden Niedertemperaturkollektoren, konzentrierende Kollektoren und die solarthermische Stromerzeugung in Farm- und Towerkraftwerken behandelt.
Einen weiteren Schwerpunkt bildet das Thema der photovoltaischen Stromerzeugung mit einer Einführung in das Bändermodell der Elektronen im Festkörper, des Aufbaus, der Funktionsweise und des Wirkungsgrads von Silizium- Solarzellen, Dünnschichtsolarzellen und kompletten Solarzellensystemen.
Der erreichte Stand der Technik sowie technische und wirtschaftliche Potentiale der Solarthermie und Photovoltaik werden ebenfalls erörtert.
Prüfungsleistung
Art und Dauer der Prüfungsleistung wird vom Lehrenden vor Beginn des Semesters bestimmt.
Literatur
Wird in der Vorlesung angegeben
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Grundlagen der Hochspannungstechnik</b>		ENERGY-M1-E-HT	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Hirsch		Ingenieurwissenschaften	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungen
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage Durch- und Überschlagsmechanismen zu erklären und für einfache Isolieranordnungen anzuwenden. Sie können das Verhalten von Isolierstoffen analysieren und damit komplexe Isoliersysteme entwickeln.
Inhalte
Die Veranstaltung behandelt die Grundlagen der Hochspannungstechnik. Im Zentrum steht das Verhalten von Materie bzw. des Vakuums beim Vorliegen hoher elektrischer Felder. Die Betrachtung der Durch- oder Überschlagsmechanismen reicht vom Zusammenbruch des Isoliervermögens bis hin zur Physik von Lichtbögen. Der Vorlesungsstoff wird durch Übungen vertieft. Zum Ende des Semesters (nicht im Fernstudiengang) werden die Durchschlagsphänomene im Hochspannungslabor praktisch verdeutlicht.
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (30 bis 60 min).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>E.Kuffel, W.S.Zaengl, J.Kuffel: High Voltage Engineering: Fundamentals, Newnes, 2005</li> <li>M.Beyer, W.Boeck, K.Möller: Hochspannungstechnik: Theoretische und praktische Grundlagen, Springer, 2006</li> <li>A.J.Schwab: Begriffswelt der Feldtheorie, Springer, 1998</li> <li>V.Y.Ushakov: Insulation of High-Voltage Equipment, Springer, 2004</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
<a href="http://www.ieea.uni-duisburg.de/studium">http://www.ieea.uni-duisburg.de/studium</a>



Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Hochspannungsgleichstromübertragung</b>		ENERGY-M1-E-HG	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Hirsch		Ingenieurwissenschaften	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungen
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Bauelemente, Schaltungen und Berechnungsmethoden für HGÜ-Umrichter und die zur Übertragung notwendigen Komponenten. Sie beherrschen die Begriffe und Verfahren und sind damit in der Lage, sich in entsprechende Problemstellungen schnell einzuarbeiten.
Inhalte
Die Veranstaltung widmet sich den Besonderheiten von Gleichstromsystemen in der elektrischen Energietechnik. Nach Behandlung der Funktion der speziellen Bauelemente werden Stromrichterschaltungen besprochen. Die übrigen Betriebsmittel, wie Kabel und Erder stellen einen weiteren wesentlichen Teil der Vorlesung dar, da deren Auslegung sich wesentlich von klassischen Energienetzen unterscheiden.
Prüfungsleistung
Die Art und Dauer der Prüfungsleistung wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Literatur
Wird in der Vorlesung angegeben
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
Netzberechnung		ENERGY-M1-E-NB	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Erlich		Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungen
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden verstehen die verschiedenen Methoden der Netzberechnung und können sie bei der Berechnung elektrischer Energieversorgungsnetze anwenden. Sie sind in der Lage, sowohl stationäre Leistungsflüsse als auch Kurzschlusszustände zu berechnen.
Inhalte
Die Veranstaltung behandelt die Grundlagen der Berechnung elektrischer Netze. Im Vordergrund stehen Methoden der digitalen Netzberechnung. Zunächst werden die Systemelemente, Leitungen, Transformatoren, Generatoren, usw. mathematisch beschrieben. Danach folgen die Methoden zur Leistungsflussberechnung, Kurzschlussstromberechnung, Netzoptimierung und Zustandsschätzung. Die Veranstaltung ist gekoppelt mit Übungen, die überwiegend auf Personalcomputern durchgeführt werden. Das Ziel ist, die Studenten zu befähigen, mit Computersoftware Netzberechnungsaufgaben zu lösen. Sie sollen außerdem die implementierten und verwendeten Algorithmen verstehen.
Prüfungsleistung
schriftliche Prüfung (Dauer 120 min).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>D. Oeding, B.R. Oswald: Elektrische Kraftwerke und Netze. Springer Verlag Berlin, 2004</li> <li>B. Oswald: Netzberechnung, Berechnung stationärer und quasistationärer Betriebszustände in Elektroenergieversorgungsnetzen, VDE-Verlag</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Informationstechnik in der elektrischen Energietechnik</b>		ENERGY-M1-E-IE	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Hirsch		Ingenieurwissen-schaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungen
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, Systeme der Informationsverarbeitung in Energieanlagen zu konzipieren und zu betreiben. Sie kennen Verfahren zur Informationsgewinnung sowie zur Informationsübertragung und können geeignete Übertragungskanäle sowie -protokolle auswählen.
Inhalte
In Energieanlagen nimmt die Informationsverarbeitung einen hohen Stellenwert ein. Die sich durch die physikalische Struktur des Energienetzes ergebenden Leistungsflüsse werden durch ein Informationsnetz logisch abgebildet. Neben Verfahren zur Informationsgewinnung werden Methoden zur Informationsübertragung mit der dazu notwendigen Protokollierung behandelt. Einen Schwerpunkt bilden die in Energieanlagen eingesetzten Feldbussysteme mit ihren besonderen Sicherheitsmechanismen.
Prüfungsleistung
Schriftliche Prüfung (Dauer 120 min).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>K.Schwarz: Offene Kommunikation nach IEC 61850 für die Schutz-und Stationsleittechnik, VDE, 2004</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
<a href="http://www.ieea.uni-duisburg.de/studium">http://www.ieea.uni-duisburg.de/studium</a>

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Windenergie (Wind Energy)</b>		ENERGY-M1-E-WE	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Erlich, Krost		Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungen
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Funktionsweise von Windturbinen.
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umformung von Windenergie in mechanische Energie</li> <li>- Windturbinenkonzepte (DFIG, Vollumrichterkonzept, etc.)</li> <li>- Windgeneratoren</li> <li>- Umrichter für Windenergieanlagen, Design und Regelung</li> <li>- Netzanschlussregeln</li> <li>- Anforderungen und Konzepte für das Durchfahren von Fehlern</li> <li>- Offshore Windkraftwerke, Design und Netzeinbindung</li> </ul>
Prüfungsleistung
schriftliche Prüfung (Dauer 90 min).
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Elektromagnetische Verträglichkeit</b>		ENERGY-M1-E-EV	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Hirsch		Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
3	45 h	45 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungen
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studenten sind in der Lage technische Maßnahmen zur Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit, wie Filterung und Schirmung zu dimensionieren. Sie erlernen die begründete Auswahl geeigneter EMV-Messverfahren für bestimmte Produkte im Rahmen der Qualitätssicherung.
Inhalte
Elektrische und elektronische Geräte basieren auf dem gezielten Transport und der Verarbeitung elektrischer und magnetischer Felder. Neben dieser beabsichtigten ist eine unbeabsichtigte Feldausbreitung oder Beeinflussung einer elektrischen Funktion durch Felder möglich, die von anderen Geräten der Umgebung stammen. Genau mit solchen Störphänomenen beschäftigt sich die Vorlesung Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). Es werden Verfahren zur Sicherstellung der Produkteigenschaft EMV entwickelt. Neben der EMV-Messtechnik und -Messverfahren werden technische Maßnahmen am Produkt besprochen und charakterisiert. In einer Übung werden die Lehrinhalte vertieft.
Prüfungsleistung
mündliche Prüfung (Dauer 15 -30 min)
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Schwab: Elektromagnetische Verträglichkeit , Springer Verlag 1996</li> <li>Perez: Handbook of EMC, Academic Press 1995</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
<a href="http://www.ieea.uni-duisburg.de/studium">http://www.ieea.uni-duisburg.de/studium</a>

Modulname		Modulcode	
Fortgeschrittene Energiewissenschaft		ENERGY-M1-E	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Kommunikationsnetze (Digitale Netze)</b>		ENERGY-M1-E-KN	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Jung		Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
4	60 h	60 h	120 h	4 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungen
Lernergebnisse / Kompetenzen
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verständnis der hierarchischen Struktur von Kommunikationsnetzen, ausgehend vom OSI-Schichtenmodell</li> <li>2. Verständnis der wesentlichen Funktionen der drei unteren OSI-Schichten.</li> <li>3. Verständnis der Grundlagen der Warteraumtheorie.</li> </ol>
Inhalte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundbegriffe</li> <li>- Hierarchische Strukturen von Netzfunktionen (OSI-Schichtenmodell)</li> <li>- Verfahren zur Datenübertragung von Punkt zu Punkt</li> <li>- Vielfachzugriffsprotokolle</li> <li>- Verfahren zur zuverlässigen Datenübertragung</li> <li>- Routing und Flusskontrolle</li> <li>- Warteraumtheorie</li> </ul>
Prüfungsleistung
Schriftliche Prüfung (Dauer 120 min).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Bossert, M. Breitbach: Digitale Netze. Stuttgart: Teubner, 1999.</li> <li>• W. Stehle: Digitale Netze. Weil der Stadt: Schlembach, 2001.</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

# **Kompetenzbereich**

## **Allgemeine Naturwissenschaften**

Modulname	Modulcode
<b>Naturwissenschaftliche Vertiefung</b>	ENERGY-M1-N
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Möller	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1	15 Wochen	WP	6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Thermoelektrik	WP	2	90 h	3
II	Aktuelle Probleme der Nanostrukturphysik	WP	2	90 h	3
III	Laserphysik	WP	2	90 h	3
IV	Nichtlineare Dynamik	WP	2	90 h	3
V	Theorie der Phasenübergänge	WP	2	90 h	3
VI	Optoelektronik	WP	2	90 h	3
VII	Mikro- und Nanosystemtechnik	WP	2	90 h	3
VIII	Nanoskaliger Wärmetransport	WP	2	90 h	3
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			4- 6	180 - 270 h	6 - 9

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben vertieftes physikalisches und chemisches Wissen, das sie zu einem naturwissenschaftlichen Problemverständnis befähigt. Dies schließt ein tiefergehendes Verständnis aktueller Forschungsgebiete ein. Sie kennen wichtige in Physik und Technik eingesetzte mathematische Methoden und können diese zur Lösung physikalisch-technischer Probleme einsetzen. Sie sind somit in der Lage, fachübergreifende Probleme der Energiewissenschaft, die zielorientiertes und logisch fundiertes Herangehen erfordern, auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse selbstständig einzuordnen und durch Einsatz naturwissenschaftlicher und mathematischer Methoden zu analysieren bzw. zu lösen.
davon Schlüsselqualifikationen
Zeitmanagementtechniken, Lernstrategien, Kommunikations- und Vermittlungstechniken.



Prüfungsleistungen im Modul
mündliche Prüfung, deren Note die Modulnote ist.
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note geht mit dem Gewicht der belegten Lehrveranstaltungen ( <b>6 – 9 Cr</b> ) in die Gesamtnote ein

Modulname	Modulcode	
Naturwissenschaftliche Vertiefung	ENERGY-M1-N	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
<b>Thermoelektrik</b>	ENERGY-M1-N-TE	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Schmechel	Ingenieur- wissenschaften	

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	V: / Üb:

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Funktionsweise thermoelektrischer Materialien, sowie Ansätze zur Verbesserung der Gütezahl. Sie können die für die Thermoelektrik relevante Messtechnik anwenden.
Inhalte
<p>Die Studenten sind in der Lage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- thermoelektrische und thermomagnetische Phänomene zu erklären</li> <li>- elektrische und Wärmeleitfähigkeit, Seebeck- und Peltier-Koeffizient zu definieren</li> <li>- den Gütefaktor ZT und die Effizienz eines thermoelektrischen Generators zu bestimmen</li> <li>- die Grundzüge der Onsagerschen Transporttheorie sowie die Kelvin-Beziehung zu erläutern</li> <li>- die Boltzmann-Gleichung in der Relaxationszeitnäherung herzuleiten</li> <li>- den elektrischen und Gitterbeitrag zur Wärmeleitfähigkeit im Halbleiter zu diskutieren</li> <li>- messtechnische Konzepte zur Bestimmung der Transport-Koeffizienten anzuwenden</li> <li>- materialwissenschaftliche Optimierungsgesichtspunkte anzuwenden</li> <li>- den Einsatz von Nanopartikeln für thermoelektrische Anwendungen zu erläutern</li> <li>- Effizienzsteigerung durch Reduzierung der Dimensionalität &amp; Energiefilterung zu diskutieren</li> <li>- den Einfluss von Grenzflächen auf elektrischen und Wärmewiderstand zu verstehen</li> </ul>
Prüfungsleistung
Mündliche Prüfung (Dauer 45 Minuten)
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Naturwissenschaftliche Vertiefung	ENERGY-M1-N	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
<b>Aktuelle Probleme der Nanostrukturphysik</b>	ENERGY-M1-N-APN	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Buck, Farle, Horn-von Hoegen, Mergel, Möller, Nienhaus, Lorke, Schneider, Schleberger, Wende	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	SS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse in einem aktuellen Gebiet der Nanostrukturphysik und können diese auf fachübergreifende Probleme der Energiewissenschaft anwenden
Inhalte
Die Inhalte orientieren sich an aktuellen Problemen aus dem Gebiet der Nanostrukturphysik.
Prüfungsleistung
Unbenotete Studienleistung: Regelmäßige aktive Teilnahme an der Vorlesung.
Literatur
Wird in der Veranstaltung bekannt gegeben.
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Kriterium für aktive Teilnahme wird vom Lehrenden zu Beginn der Veranstaltung festgelegt. Die Veranstaltung ist polyvalent zu PHYSIK-M1-VT-AKTNANO

Modulname	Modulcode	
Naturwissenschaftliche Vertiefung	ENERGY-M1-N	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
<b>Laserphysik</b>	ENERGY-M1-N-LASP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Bovensiepen, Kleinfeld, Sokolowski-Tinten, Tarasevitch	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung (polyvalent zu PHYSIK-M1-VT-LASP)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden erwerben grundlegender Kenntnisse der Laserphysik. Sie kennen die physikalisch-technischen Grundlagen verschiedener Lasertypen und besitzen einen Überblick über deren Anwendungsfelder.
Inhalte
Grundzüge der Wechselwirkung von Licht mit Materie, Laser-Oszillator, Inversion/Pumpverfahren, Optische Resonatoren und Ausbreitung von Laserstrahlen, Überblick über wichtige Laser-Typen, Ausgewählte Laseranwendungen
Prüfungsleistung
Unbenotete Studienleistung: Regelmäßige aktive Teilnahme an der Vorlesung.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O. Svelto: Principles of Lasers</li> <li>• A. E. Siegmann: Lasers</li> <li>• K. Kneubühl und M. W. Sigrist: Laser</li> <li>• A. Yariv: Quantum Electronics (Kapitel 5 bis 13)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Kriterium für aktive Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.

Modulname	Modulcode	
Naturwissenschaftliche Vertiefung	ENERGY-M1-N	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
<b>Nichtlineare Dynamik</b>	ENERGY-M1-N-NLD	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Guhr, Thomae	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung (polyvalent zu PHYSIK-M1-VT-NLD)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse in der Theorie dynamischer Systeme.
Inhalte
<p>Experimente und einfache Modelle (Reguläres und chaotisches Verhalten, metrische und topologische Beschreibung, spezielle und universelle Eigenschaften, stroboskopische Abbildung und Poincaré-Schnitt);</p> <p>Abbildungen des Intervalls als einfachste dynamische Systeme (Iteration von Abbildungen, Fixpunkte, Stabilität, Bifurkationen, Ljapunov-Exponent, Korrelationsfunktion und Spektrum, invariantes Maß, Ergodizität, topologische Invarianten, symbolische Dynamik);</p> <p>Renormierung (lokale und globale Bifurkationen, Renormierung der Rückkehrabbildung, Perioden-vervielfachung und Quasiperiodizität, 2-dimensionales Phasendiagramm, universelle Exponenten);</p> <p>Seltsame Attraktoren (Fraktale Mengen, Entropien, thermodynamischer Formalismus).</p>
Prüfungsleistung
Unbenotete Studienleistung: Regelmäßige aktive Teilnahme an der Vorlesung.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• H. G. Schuster: Deterministisches Chaos, eine Einführung (VCH Verlagsgesellschaft),</li> <li>• J. Feder: Fractals (Plenum Press),</li> <li>• B. B. Mandelbrot: The Fractal Geometry of Nature (Freeman &amp; Co.)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Kriterium für aktive Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.

Modulname	Modulcode	
Naturwissenschaftliche Vertiefung	ENERGY-M1-N	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
<b>Theorie der Phasenübergänge</b>	ENERGY-M1-N-TPHS	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Diehl, Schäfer	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung (polyvalent mit PHYSIK-M1-VT-TPHS)
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse zur Beschreibung von Phasenübergängen und kritischen Phänomenen.
Inhalte
Phasendiagramme, stetige und unstetige Phasenübergänge, kritische und multikritische Punkte, Landau-Theorie, phänomenologische Skalentheorie, Einführung in die Renormierungsgruppe
Prüfungsleistung
Unbenotete Studienleistung: Regelmäßige aktive Teilnahme an der Vorlesung.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Binney et al.: The Theory of Critical Phenomena,</li> <li>• Stanley: Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena,</li> <li>• Fischer: Scaling, Universality and Renormalization Group Theory, in: Critical Phenomena Vol.186 (Springer 1983)</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Kriterium für aktive Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.

Modulname		Modulcode	
Naturwissenschaftliche Vertiefung		ENERGY-M1-N	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>(Organische Elektronik und) Optoelektronik</b>		ENERGY-M1-N-OE	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Schmechel		Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	SS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden können organische Materialien bezüglich Morphologie und Bindungsstruktur klassifizieren. Sie kennen grundlegende Begriffe aus der Molekülphysik, wie konjugiertes Elektronensystem, Molekülpolaron, Exziton, Franck-Kondon-Prinzip und können diese korrekt anwenden. Die Studierenden können grundsätzliche Zusammenhänge zwischen Moleküleigenschaften und Bauteileigenschaften herstellen, wie z.B. die Korrelationen: funktionale Seitengruppen – Verschiebung der Molekülorbitale, Orientierung der Moleküle – Ladungsträgerbeweglichkeit, Ausdehnung des Pi-Systems – spektrale Verschiebung, etc. Die Studierenden kennen schließlich für Transistoren, Leuchtdioden und Solarzellen die wesentlichen kritischen Parameter, die die jeweiligen Bauteileigenschaften limitieren und die bekannten Konzepte, um diesen Limitierungen entgegenzuwirken.
Inhalte
Die Veranstaltung führt in die organische Elektronik und Optoelektronik ein. Dabei wird stets eine Balance aus grundlegender Molekülphysik und bauteilrelevanten Konzepten angestrebt. Zu Beginn erfolgen eine Klassifizierung der organischen Materialien und eine Einteilung bezüglich ihrer morphologischen/strukturellen Eigenschaften. Ausgehend von den Bindungsverhältnissen wird die elektronische Struktur organischer Halbleiter erläutert und es werden die für organische Halbleiter üblichen Transportmodelle vorgestellt. Dabei wird besonderes Gewicht auf die Elektron-Phonon-Kopplung (Molekülpolaron) und auf den Einfluss von Unordnung gelegt. Es werden Parallelitäten und Unterschiede zu anorganischen Halbleitern hervorgehoben. Die Veranstaltung geht auch auf Konzepte zur Dotierung organischer Halbleiter ein und es werden einige kommerziell relevante „Intrinsisch Leitfähige Polymere“ (ICPs) und Dopanten vorgestellt.

Es folgt eine Einführung in Kontaktphänomene an den Grenzflächen Metall/org. Halbleiter. Auf der Basis dieser Kenntnisse werden einfache transportbasierte Bauelemente wie die Einschichtdiode und der organische Feldeffekttransistor eingeführt.

Weiterhin geht die Veranstaltung auf die optischen Eigenschaften organischer Materialien ein, wobei besonders auf die Bildung von Singulett- und Triplet-Exzitonen und die phononische Kopplungen (Franck-Condon-Prinzip) Wert gelegt wird. Auf Basis dieser Grundlagen werden als optoelektronische Bauteile organische Leuchtdioden und organische Solarzellen vorgestellt. Hier werden die jeweils technisch wichtigen Kenndaten eingeführt und an den historischen Entwicklungsstufen werden grundlegende Bauteilkonzepte erörtert.

### Prüfungsleistung

mündliche Prüfung (Dauer 45 Minuten)

### Literatur

- Markus Schwörer Hans Christoph Wolf: Organische Molekulare Festkörper; Wiley-VCH Verlag.

### Weitere Informationen zur Veranstaltung



Modulname	Modulcode	
Naturwissenschaftliche Vertiefung	ENERGY-M1-N	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
<b>Mikro- und Nanosystemtechnik</b>	ENERGY-M1-N-MN	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Kraft	Ingenieurwissenschaften	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung und Übungen
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die Prinzipien und Techniken der Mikro- und Nanosystemtechnik und ihre Einsatzmöglichkeiten/Beschränkungen, sie verstehen einzelne Mikrokomponenten und ihre Wirkprinzipien, die grundlegenden Systemtechniken und die komplexe wechselseitige Beeinflussung der Komponenten. Sie besitzen System-Know-how zur Integration der Einzelteile in Design und Herstellung.
Inhalte
<p>I. Mikrotechniken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bulkmikromechanik (isotropes und anisotropes naßchemisches Ätzen, Plasma-Tiefenätzen)</li> <li>- Oberflächenmikromechanik und andere Mikrotechniken (Opferätztechnik, Epi-Polysilizium, SOI, Sticking-Problematik, Vergleich unterschiedlicher Mikro- und Nanostrukturtechniken)</li> </ul> <p>II. Mikrosensoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermische Sensoren (Thermistoren, PT-Sensor, integrierte Temperatursensoren, Anemometrie, Luftmassensensor)</li> <li>- Mechanische Sensoren (piezoresistive und kapazitive Drucksensoren, Beschleunigungssensoren, Drehratensensoren)</li> <li>- Sensoren für Strahlung (CMOS-Bildsensor, CCD, IR-Sensor, Teilchendetektoren)</li> <li>- Magnetfeldsensoren (Spinning-current Hallplate, Magnetoresistivität, Fluxgate-Sensor)</li> <li>- Chemische und Biosensoren (Chemisch sensitive FETs, SAW-Sensoren, DNA-Chip)</li> <li>- Skalierung von Sensorstrukturen in den Nanometerbereich</li> </ul>

III. Mikroaktoren: - Mikroaktoren (Wirkprinzipien, Mikrospiegel, Mikrostimulatoren) - Mikrofluidik (Mikroventile, Mikropumpen, implantierbares Medikamentendepot, Lab-on-a-Chip)
IV. Systemtechniken: - Entwurf, Simulation und Test (Entwurfsmethodik, Simulation, Test- und Prüfverfahren) - Integrationstechniken (monolithische und hybride Integration, Aufbau- und Verbindungstechnik und Gehäusetechnik für Mikro- und Nanosysteme)
Prüfungsleistung
Schriftliche Klausur (Dauer 120 min).
Literatur
<ul style="list-style-type: none"><li>• M. J. Madou: Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, ISBN: 0-8493-0826-7</li><li>• M. Gad-el-Hak: The MEMS Handbook, CRC Press, ISBN: 0-8493-0077-0</li><li>• W. Menz, J. Mohr: Mikrosystemtechnik für Ingenieure, VCH, ISBN: 3-527-29405-8</li><li>• U. Mescheder: Mikrosystemtechnik, B.G. Teuner, ISBN: 3-519-06256-9</li><li>• G. Gerlach, W. Dötzel: Grundlagen der Mikrosystemtechnik, Hanser, ISBN: 3-446-18395-7</li></ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung

Modulname	Modulcode	
Naturwissenschaftliche Vertiefung	ENERGY-M1-N	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
<b>Nanoskaliger Wärmetransport</b>	ENERGY-M1-N-NW	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Hanisch-Blicharski	Physik	WP

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	WS	Deutsch	15

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
2	30 h	60 h	90 h	3 Cr

Lehrform
Vorlesung
Lernergebnisse / Kompetenzen
Erwerb grundlegender Kenntnisse zur Beschreibung des Wärmetransports in nanoskaligen Systemen und an Grenzflächen.
Inhalte
<p>Thermoelektrische Generatoren bieten die Möglichkeit Abwärme über den Seebeck-Effekt in elektrische Energie umzuwandeln. Um diesen Prozess zu optimieren ist ein grundsätzliches Verständnis von Wärme und Wärmeleitung Voraussetzung.</p> <p>In dieser Vorlesung werde ich die Grundlagen der Phononen über die Zustandsdichte und die Debye-Näherung einführen. Im Weiteren wird der Volumen-Wärmetransport erarbeitet, um dann den Einfluss einer Grenzfläche auf den Wärmetransport herzuleiten. Mit den Kontinuumsmodellen Acoustic Mismatch Model (AMM) und Diffuse Mismatch Model (DMM) kann der Wärmetransport von Filmen über eine Grenzfläche in ein Substrat sehr gut beschrieben werden. Beide Modelle werden vorgestellt, exemplarisch für ein Schichtsystem berechnet und die Ergebnisse miteinander verglichen.</p> <p>Die Gültigkeit der Modelle in Hinblick auf Limitierung der Filmdicke bis hin zu wenigen Lagen wird am Ende der Vorlesung kontrovers diskutiert. Die Vorlesung endet mit einer Einführung in experimentelle Methoden um Wärmeübergangswiderstände zu messen.</p>
Prüfungsleistung
Unbenotete Studienleistung: Regelmäßige aktive Teilnahme an der Vorlesung.
Literatur
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stoner, R. J. and H. J. Maris: Kapitza conductance and heat flow between solids at temperatures from 50 to 300 K Phys. Rev. B 16373, 1993.</li> <li>Swartz, E. T. and R. O. Pohl: Thermal boundary resistance. Rev. Mod. Phys., 605, 1989.</li> </ul>
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Kriterium für aktive Teilnahme wird vom Dozenten zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.

# Weitere Qualifikationen

Modulname	Modulcode
<b>Forschungsphase 1</b>	ENERGY-M1-FO1
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Studiendekan der Fakultät für Physik	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
1	3 Monate	P	15

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
Mindestens 15 ECTS-Credits im Master- Programm Energy Science (§ 20 Abs. 3 PO)	Englischkenntnisse

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Einarbeitung in eine Fragestellung der wissenschaftlichen Forschung	P	-	450 h	15
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			-	450 h	15

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind befähigt, ihr Wissen auf unterschiedlichen Gebieten einzusetzen. Sie können das im Studium erworbene Wissen eigenverantwortlich ergänzen und vertiefen und sind mit entsprechenden Lernstrategien vertraut. Sie kennen die für das Thema der Masterarbeit relevanten Grundlagen und erwerben die erforderlichen vertieften Spezialkenntnisse.
davon Schlüsselqualifikationen
Lernstrategien

Prüfungsleistungen im Modul
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote

Modulname	Modulcode	
Forschungsphase 1	ENERGY-M1-FP	
Veranstaltungsname	Veranstaltungscode	
<b>Einarbeitung in eine Fragestellung der wissenschaftlichen Forschung</b>	ENERGY-M1-FP	
Lehrende/r	Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
		P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
1	SS und WS	Deutsch oder Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			450 h	15 Cr

Lehrform
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden kennen die für das Thema der Masterarbeit relevanten Grundlagen und erwerben die erforderlichen vertieften Spezialkenntnisse. Die Studierenden demonstrieren, dass sie die wissenschaftliche Fragestellung, die in der Masterarbeit bearbeitet werden soll, durchdrungen haben.
Inhalte
Unter Anleitung des Betreuers wird das wissenschaftliche Gebiet der geplanten Master-Arbeit erkundet, indem die aktuelle Literatur dazu recherchiert und erarbeitet wird. Darüber hinaus werden die zur Durchführung der Masterarbeit notwendigen Fertigkeiten erworben und die Projektplanung für die Masterarbeit erstellt.
Prüfungsleistung
Aktive Teilnahme.
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Forschungsphase wird von einer Hochschullehrerin oder einem Hochschullehrer oder einem Privatdozenten oder einer Privatdozentin betreut (§ 20 Abs. 5 PO), die oder der das Thema der Masterarbeit vergibt und dem Prüfungsausschuss die erfolgreiche Bearbeitung der Forschungsphase 1 bestätigt

Modulname	Modulcode
<b>Forschungsphase 2: Master-Arbeit</b>	ENERGY-M2-MA
Modulverantwortliche/r	Fachbereich
Möller	Physik

Zuordnung zum Studiengang	Modulniveau (Ba/Ma)
Energy Science	Ma

Vorgesehenes Studiensemester	Dauer des Moduls	Modultyp (P/WP/W)	Credits
4	6 Monate	P	30

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung	Empfohlene Voraussetzungen
ENERGY-M1-FP	Englischkenntnisse

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Veranstaltungsname	Belegungstyp	SWS	Aufwand	Credits
I	Master-Arbeit	P		900	30
<b>Summe (Pflicht und Wahlpflicht)</b>			-	900	30

Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, fachübergreifende Probleme der Energiewissenschaft, die zielorientiertes und logisch fundiertes Herangehen erfordern, auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse selbstständig einzordnen und durch Einsatz wissenschaftlicher Methoden zu analysieren. Sie sind dazu befähigt, eine geeignete wissenschaftliche Aufgabenstellung zu lösen und ihre Ergebnisse im mündlichen Vortrag und in schriftlicher Form zu präsentieren. Sie können ihr Wissen auf unterschiedlichen Gebieten einsetzen und in ihrer beruflichen Tätigkeit verantwortlich handeln und haben damit umfangreiche Problemlösungskompetenz erworben.
davon Schlüsselqualifikationen
Die Studierenden erwerben das notwendige Durchhaltevermögen, um Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu managen, mit Fehlschlägen, unerwarteten Schwierigkeiten und Verzögerungen umzugehen und ggf. mit modifizierter Strategie dennoch zum Ziel zu gelangen. Sie sind sich ihrer Verantwortung gegenüber der Wissenschaft und möglicher Folgen ihrer Tätigkeit für Umwelt und Gesellschaft bewusst.

Prüfungsleistungen im Modul
Master-Arbeit
Stellenwert der Modulnote in der Gesamtnote
Die Note geht mit dem Gewicht <b>45 Cr</b> in die Gesamtnote ein.

Modulname		Modulcode	
Forschungsphase 2: Master-Arbeit		ENERGY-M2-MA	
Veranstaltungsname		Veranstaltungscode	
<b>Master-Arbeit</b>		ENERGY-M2-MA	
Lehrende/r		Lehreinheit	Belegungstyp (P/WP/W)
Dozenten der Physik		Physik	P

Vorgesehenes Studiensemester	Angebotshäufigkeit	Sprache	Gruppengröße
2	WS und SS	Deutsch oder Englisch	

SWS	Präsenzstudium	Selbststudium	Aufwand	Credits
			900 h	30 Cr

Lehrform
Die Master-Abschlussarbeit ist eine Prüfungsarbeit, bei der die Studierenden innerhalb einer vorgegebenen Frist von 6 Monaten ein Problem selbstständig mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten. Dokumentation und Präsentation (deutsch oder englisch) sollen zeigen, dass die oder der Studierende in der Lage ist, Zusammenhänge und Ergebnisse verständlich, folgerichtig und kompetent darzustellen.
Lernergebnisse / Kompetenzen
Die Studierenden sind in der Lage, eine Problemstellung der Energiewissenschaft mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Sie haben dabei Erfahrungen mit überfachlichen Qualifikationen wie Kooperationsbereitschaft, Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und Regeln guter wissenschaftlicher Praxis erworben und sind fähig, ein längerfristiges Projekt zu managen und dessen Ergebnisse in schriftlicher Form zusammenzufassen. Sie können die wesentlichen Erkenntnisse in geeigneter Form präsentieren und in einer wissenschaftlichen Diskussion verteidigen.
Inhalte
Je nach Ausrichtung der Arbeit.
Prüfungsleistung
Verfassen der Master-Abschlussarbeit, die von zwei Prüferinnen oder Prüfern bewertet wird (§ 20 Abs.13 PO).
Literatur
Weitere Informationen zur Veranstaltung
Die Master-Arbeit wird von einer Hochschullehrerin oder einem Hochschullehrer oder einem Privatdozenten oder einer Privatdozentin betreut (§ 29 Abs. 5 PO).



## **Legende**

Modulcode

Studiengang-AbschlusstypSemester-Modulabkürz.

Veranstaltungscode

Studiengang-AbschlusstypSemester-Modulabkürz.-Veranstaltungsabkürz.

Modulniveau (Ba/Ma)

Ba Bachelor

Ma Master

Modultyp

Belegungstyp

P Pflicht

WP Wahlpflicht

W Wahl

Angebotshäufigkeit

WS Wintersemester

SS Sommersemester

SWS

Semesterwochenstunden

Aufwand

h Stunden

Cr Credits (ECTS<sup>1)</sup>-Credits (§ 10 PO<sup>2)</sup>)

Lehrform

V Vorlesung

Üb Übung

Pr Praktikum

Pj Projekt

Se Seminar

K Kolloquium

Ex Exkursion

Präsenzstudium

Bei der Berechnung der Präsenzzeit wird eine SWS mit 45 Minuten als eine Zeitstunde mit 60 Minuten gewertet. Dies stellt sicher, dass ein Raumwechsel und evt. Fragen an Lehrende Berücksichtigung finden.

<sup>1)</sup> European Credit Transfer and Accumulation System

<sup>2)</sup> Prüfungsordnung Master-Studiengang Energy Science

**Studienplan: Module und Veranstaltungen**

Modulname	Cr	Semester	Lehrveranstaltungen (LV)	Cr	P / WP	Lehrform	SWS	Prüfung
<b>Energiewissenschaft</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	Moderne Energiesysteme	3	<b>3 / 11</b>	V	3	Klausuren in drei LV aus dem Angebot
			Strömungsmaschinen	3		V	3	
			Nanotechnologie	3		V	3	
			Regenerative Energietechnik	3		V	3	
			Grundlagen der Hochspannungstechnik	3		V	3	
			Hochspannungsgleichstromübertragung	3		V	3	
			Netzberechnung	3		V	3	
			Informationstechnik in der Energietechnik	3		V	3	
			Windenergie	3		V	3	
			Elektromagnetische Verträglichkeit	3		V	3	
			Kommunikationsnetze	4		V	4	
<b>Allgemeine Naturwissenschaften</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	Thermoelektrik	2	<b>3 / 8</b>	V	2	mündliche Modulprüfung
			Aktuelle Probleme der Nanostrukturphysik	2		V	2	
			Laserphysik	2		V	2	
			Nichtlineare Dynamik	2		V	2	
			Theorie der Phasenübergänge	2		V	2	
			Optoelektronik	2		V	2	
			Mikro- und Nanosystemtechnik	2		V	2	
			Nanoskaliger Wärmetransport	2		V	2	
<b>Forschungsphase 1</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	Einarbeitung in eine Fragestellung der wissenschaftlichen Forschung	15				
<b>Forschungsphase 2</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	Master-Arbeit	30				
<b>Summe Credits</b>	<b>60</b>							

<b>Cr</b>	Credits
<b>P</b>	Pflichtkurse: x
<b>WP</b>	Wahlpflichtkurse: Summe der zu wählenden Credits
V	Vorlesung
Üb	Übung
Pr	Praktikum
Pj	Projekt
Se	Seminar
K	Kolloquium
Ex	Exkursion
<b>SWS</b>	Semesterwochenstunden