
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme

Modulhandbuch

Erneuerbare Energien

Master of Science

Inhalt

1	Studienverlauf des Studiengangs Master Erneuerbare Energien	3
2	Studienverlaufsplan	5
3	Module	6
3.1	Masterprojekt	6
3.2	Management of International Renewable Energy Projects.....	7
3.3	CFD - Computational Fluid Dynamics	9
3.4	Systemtechnik für Energieeffizienz	11
3.5	Entwicklung von Photovoltaik.....	13
3.6	Technologie der Biomassenutzung	15
3.7	Management in Energieverbundsystemen	17
3.8	Leistungselektronische Stellglieder für PV- und Windkraftanlagen	19
3.9	Energy Economics and Environment	21
3.10	Finite Elemente Methode	23
3.11	Optische Messtechnik und Optoelektronik	25
3.12	Simulation geo- und solarthermischer Systeme	27
3.13	Stromnetze für Erneuerbare Energien.....	29
3.14	Technologie der Energiespeicherung.....	31
3.15	Hochspannungsübertragungstechnik.....	32
3.16	Masterarbeit und Kolloquium.....	34
3.17	Masterseminar	35

1 Studienverlaufsplan tabellarisch

Semester	M-Nummer	Modulbezeichnung	Credits
1. und 2.	9M218	Masterprojekt	10
1. oder 2./WiSe			
	9M209	Management of International Renewable Energy Projects	5
		Vertiefungsmodul „Methodik“ – 1 aus 2	5
	9M211	CFD - Computational Fluid Dynamics	5
	9M221	Systemtechnik für Energieeffizienz	5
		Vertiefungsmodul „Technologie Erneuerbarer Energien/Smart Grid“ - 3 aus 4	15
	9M205	Entwicklung von Photovoltaik	5
	9M206	Technologie der Biomassennutzung	5
	9M207	Management in Energieverbundsystemen	5
	9M215	Leistungselektronische Stellglieder für PV- und Windkraftanlagen	5
1. oder 2./SoSe			
	9M201	Energy Economics and Environment	5
		Vertiefungsmodul „Methodik“ - 1 aus 2	5
	9M204	Finite Elemente Methode	5
	9M203	Optische Messtechnik und Optoelektronik	5
		Vertiefungsmodul „Technologie Erneuerbarer Energien/Smart Grid“ - 3 aus 4	15
	9M213	Simulation geo- und solarthermischer Systeme	5
	9M208	Stromnetze für Erneuerbare Energien	5
	9M214	Technologie der Energiespeicherung	5
	9M216	Hochspannungsübertragungstechnik	5
3. SoSe und WiSe			
	9M219	Masterarbeit und Kolloquium	25+3
	9M220	Masterseminar	2

Erläuterung der Modulnummer:

Die erste Ziffer der Modulnummer steht für die Fakultät:

9 = Fakultät 09

Die zweite Ziffer steht für die Unterscheidung Bachelor- oder Masterstudiengang

B = Bachelor

M = Master

Die dritte Ziffer steht für die den Studiengang

1 = Studiengang Maschinenbau - Smart Systems

2 = Studiengang Erneuerbare Energien

3 = Studiengang Green Building Engineering

4 = Studiengang Verfahrenstechnik - Prozessintensivierung

5 = Studiengang Rettungsingenieurwesen

6 = Studienrichtung Brandschutzingenieurwesen

Die vierte und fünfte Ziffer sind fortlaufende Nummern, wobei die Module zwar mehrere Nummern haben können, allerdings pro Studienrichtung exakt einer Nummer zugeordnet sein müssen. So ist anhand der Modulnummern erkennbar, welcher Fakultät und welchem Studiengang ein Modul zugeordnet ist.

2 Studienverlaufsplan schematisch

Studienverlaufsplan Masterstudiengang Erneuerbare Energien



3 Module

3.1 Masterprojekt

Modulnummer:	9M218
Art des Moduls:	Pflichtmodul
ECTS credits:	10
Sprache:	Deutsch oder Englisch
Dauer des Moduls:	Zweisemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M1
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. habil. Stadler, Prof. Dr. rer. nat. Blieske
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. habil. Stadler, Prof. Dr. rer. nat. Blieske
Learning Outcome:	Die Studierenden wenden Erkenntnisse aus dem Bereich der erneuerbaren Energien auf ein eigenes Forschungsvorhaben an. Dabei sind sie in der Lage die Ergebnisse aus dem Vorhaben zu bewerten und zu beurteilen. Die Studierenden verfassen ihr Forschungsvorhaben in einer wissenschaftlichen Veröffentlichung und können dieses in verständlicher Weise einem Fachpublikum vortragen.
Modulinhalte:	Studierende entwickeln in Projektteams ihr eigenes Forschungsvorhaben bzw. werden in aktuelle Forschungsvorhaben integriert. Sie diskutieren die Ergebnisse des Vorhabens sowohl in englischer als auch in deutscher Sprache und erarbeiten zu ihrem Forschungsvorhaben eine wissenschaftliche Veröffentlichung in englischer Sprache. Die Studierenden erarbeiten eine Präsentation zu ihrem Forschungsvorhaben und stellen diese in englischer Sprache vor.
Lehr- und Lernmethoden:	Projektarbeit
Prüfungsformen:	Fachartikel in englischer Sprache (60%) Posterpräsentation (30%) Projektmanagement (10%)
Workload (30 Std. $\hat{=}$ 1 ECTS credit):	300 Std./10 Credits Projektarbeit 300 Std.
Präsenzzeit:	Keine
Selbststudium:	300 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	Keine
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	keine

3.2 Management of International Renewable Energy Projects

Modulnummer:	9M209	
Art des Moduls:	Pflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Englisch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2	
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. Schlüter	
Dozierende:	Dr. Pedroso	
Learning Outcome:	The Students have enhanced managements skills of international projects by application of the different steps in a Theory of Change (ToC) through the project cycle phases, to manage complex renewable energy projects especially in the challenging conditions of developing countries	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • The role of project management in the context of international development • Theory of Change (ToC) for international development • Usage of theoretical conceptual frameworks to inform the project's ToC • Different steps in a ToC analysis through the project cycle phases • the concepts of Relevance, Effectiveness, Efficiency, Impact and Sustainability • ToC narrative formulation • Development of a log-frame matrix for project monitoring and evaluation • Project control by monitoring and evaluation plan • Resource planning of international projects • Financial planning of international projects 	
Lehr- und Lernmethoden:	<ul style="list-style-type: none"> • Introductory lectures with examples • Practical project proposal development work based on a simulated workshop environment (situation analysis - problem and solution tree analysis, assumptions and rationales, development of own ToC) • Guided work on TOC development and project proposal writing • Student presentations and mutual feedback 	
Prüfungsformen:	Essays and project proposal	
Workload (30 Std. \triangleq 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits	
	Seminar	20 Std.
	Vor- und Nachbereitung	130 Std.
Präsenzzeit:	20 Std.	
Selbststudium:	130 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • European Commission. (2004). Aid Delivery Methods Vol. 1: Project Cycle Management Guidelines. Supporting Effective Implementation of EC External ..., 149. Retrieved from https://ec.europa.eu/europeaid/sites/devco/files/methodology-aid-delivery-methods-project-cycle-management-200403_en_2.pdf • Goergens, M., & Kusek, J. Z. (2010). Making Monitoring and Evaluation Systems Work. The World Bank. http://doi.org/10.1596/978-0-8213-8186-1 • PREA (Pacific Research & Evaluation Associates). (2014). The Pacific Guide to Project Proposal Preparation Using the Logical Framework Approach : Learner Guide Pacific Climate Change Portal. 	

-
- United Nations Development Programme [UNDP]. (2009). Handbook on Planning, Monitoring and Evaluating For Development Results. Retrieved from <http://web.undp.org/evaluation/handbook/documents/english/pme-handbook.pdf>
 - United Nations Development Programme [UNDP]. (2011). Outcome-level evaluation: A companion guide to the handbook on planning, monitoring and evaluating for development results for programme unites and evaluators. Retrieved from http://web.undp.org/evaluation/documents/guidance/UNDP_Guidance_on_Outcome-Level_Evaluation_2011.pdf
 - Valters, C. (2014). The Theories of Change: time for a radical approach to learning in development | Overseas Development Institute (ODI). <https://www.odi.org/publications/9883-theories-change-time-radical-approach-learning-development>. Accessed: 2019-11-19

Verwendung des Moduls in
weiteren Studiengängen:

Master Renewable Energy Management, Master Integrated Water Ressources Management, Master Natural Ressources Management and Development

3.3 CFD - Computational Fluid Dynamics

Modulnummer:	9M211/9M332											
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul											
ECTS credits:	5											
Sprache:	Englisch											
Dauer des Moduls:	Einsemestrig											
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2											
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester											
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Ziller											
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Ziller, Herr Sturm, M.Eng., Herr Hartmann, M.Sc.											
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden können Aufgabenstellungen in Zusammenhang mit Strömungsprozessen formulieren und modellieren, mit numerischen Methoden lösen, die Ergebnisse analysieren und deren Genauigkeit beurteilen, indem sie in Beispielen und in einem eigenen Projekt das Softwaretool ANSYS Fluent einsetzen, um Strömungsgeometrien und Netzen zu erzeugen, geeignete numerische Lösungsmethoden und Modelle anzuwenden und die Ergebnisse zu visualisieren und validieren, um reale Strömungsvorgänge sowohl in technischen als auch wissenschaftlichen Themenbereichen zur Optimierung und Analyse numerisch simulieren zu können.</p>											
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen - was ist CFD: Aufbau und Möglichkeiten numerischer Strömungssimulation • Navier-Stokes-Gleichungen • Mathematische Modellbildung: zeitliche und räumliche Diskretisierungsmethoden, Finite-Volumen • Numerische Lösungsmethoden, Konvergenzkriterien • Netze und Gitter • Turbulenzmodelle und Wandfunktionen • Randbedingungen • Wärmeübertragungsmodelle (Konvektion, Leitung, Strahlung) • Validierung, Fehlerbetrachtung (Art, Ursache, Vermeidung) 											
Lehr- und Lernmethoden:	<p>Die Vorlesung zur Besprechung der Grundlagen, die anhand von Beispielen und einfachen Excel-Programmierungen veranschaulicht wird. Zum Ende des Moduls wird ein Anwender aus der Praxis von seinen Erfahrungen berichten.</p> <p>Übungen/Rechnerpraktikum zum Erlernen der Bedienung des Softwarepakets ANSYS Fluent (Studierendenversion).</p> <p>Die selbständige Bearbeitung eines eigenen Projektes in Kleinstgruppen: Definition des Projektziels innerhalb des vorgegebenen Rahmens, Durchführung der CFD-Simulationen, Erstellung Poster oder Bericht, Ergebnispräsentation. Wöchentliche Reflexion des Projektfortschritts mit den Dozenten.</p> <p>Materialien zur Vor- und Nachbereitung (Vorlesungsmaterial, Übungsbeispiele, Vorgaben Projektarbeit) sind online in ILIAS</p>											
Prüfungsformen:	Klausur (90 Min., Hilfsmittel Formelsammlung) und Projektaufgabe als Hausarbeit (je 50% der Gesamtnote)											
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit) :	<table border="0"> <tr> <td>150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vorlesung</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Übung/Rechnerpraktikum</td> <td>15 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td>75 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>30 Std.</td> </tr> </table>		150 Std./5 Credits		Vorlesung	30 Std.	Übung/Rechnerpraktikum	15 Std.	Projektarbeit	75 Std.	Vor- und Nachbereitung	30 Std.
150 Std./5 Credits												
Vorlesung	30 Std.											
Übung/Rechnerpraktikum	15 Std.											
Projektarbeit	75 Std.											
Vor- und Nachbereitung	30 Std.											

Präsenzzeit:	45 Std.
Selbststudium:	11 5Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Kenntnisse in: Strömungslehre Numerische Mathematik
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Ansys Inc. (Hrsg.), (2006): ANSYS CFX-Solver Theory Guide; [o.Aufl.]; [o.O.] • Laurien, E.; Oertel, H. (2013): Numerische Strömungsmechanik: Grundgleichungen und Modelle - Lösungsmethoden - Qualität und Genauigkeit; 5., überarb. und erw. Aufl.; Wiesbaden: Springer Vieweg • Ferziger, J. H.; Perić, M. (2002): Computational methods for Fluid Dynamics; 3. überarb. Aufl.; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag • Wendt, J. F.; Anderson, J. D. (Hrsg), (2009): Computational Fluid Dynamics; 3. überarb. Aufl.; Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag • Oertel jr., H. (Hrsg) (2012): Prandtl – Führer durch die Strömungslehre: Grundlagen und Phänomene; 13., überarb. Aufl.; Wiesbaden: Springer Verlag • Lecheler, S. (2014): Numerische Strömungsberechnung: Schneller Einstieg durch anschauliche Beispiele mit ANSYS 15.0 ; 3., aktual. Aufl.; Wiesbaden: Springer Verlag
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Maschinenbau, Master Verfahrenstechnik – Prozessintensivierung, Master Green Building Engineering

3.4 Systemtechnik für Energieeffizienz

Modulnummer:	9M221
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. May
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. May
Learning Outcome:	Die Studierenden können bestehende und neuartige Systeme und Produkte systematisch auf energetische Optimierungspotenziale hin analysieren und daraus Verbesserungen für die Energieeffizienz ableiten, indem sie funktionelle Anforderungen in technische Kennzahlen übersetzen, messtechnische Verfahren anwenden und eigene sowie Werte aus der Literatur kritisch bewerten. Sie ermitteln starke Einflussparameter, wenden Kreativitätsmethoden an, simulieren mit starken Einflüssen Funktionsmodelle und berücksichtigen die Sichtweisen verschiedener Stakeholder, um später im Beruf damit neuartige Systeme energieeffizienter konzipieren zu können oder bei bestehenden Systemen Anhaltspunkte zur Verbesserung der Energieeffizienz zu ermitteln.
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Energiebegriff und Energiekennzahlen • Messung elektrischer Energie und Thermografie • Methoden zur Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen • Zusammenhang mit der CO₂-Bilanz • Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI • Energieeffiziente Leuchtmittel • Druckluft, Abwärmenutzung • Analyse von Energiedaten und Generierung eigener Daten mithilfe von Jupyter Notebooks (python)
Lehr- und Lernmethoden:	Seminaristische Vorlesung, Projektarbeit und Laborpraktikum Die Vorlesung dient der Einführung in Begrifflichkeiten und der Nutzung von Jupyter Notebooks sowie der Vorstellung von Fallstudien. In Teamprojekten bearbeiten Studierende aktuelle Fallbeispiele und ermitteln anhand von vorhandenen und plausibel erzeugten Daten Energieeffizienzpotenziale.
Prüfungsformen:	Projektpräsentation (50%), mündliche Prüfung (50%)
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit) :	150 Std./5 Credits Seminaristische Vorlesung 45 Std. Praktikum 15 Std. Vor- und Nachbearbeitung 90 Std.
Präsenzzeit:	60 Std.
Selbststudium:	90 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Grundlagen Elektrotechnik, Grundlagen Programmieren
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Hesselbach, J. (2012): Energie- und klimateffiziente Produktion: Grundlagen, Leitlinien und Praxisbeispiele; 1. Aufl.; Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag,

-
- Wosnitza, F.; Hilgers, H. G. (2012): Energieeffizienz und Energiemanagement: Ein Überblick heutiger Möglichkeiten und Notwendigkeiten; [o.Aufl.]; Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag,
 - Günther, M. (2015): Energieeffizienz durch Erneuerbare Energien: Möglichkeiten, Potenziale, Systeme; [o.Aufl.]; Wiesbaden: Springer Fachmedien
 - Pehnt, M. (2010): Energieeffizienz: Ein Lehr- und Handbuch; 1.korr. Aufl.; Berlin: Springer

Verwendung des Moduls in
weiteren Studiengängen:

Master Elektrotechnik

3.5 Entwicklung von Photovoltaik

Modulnummer:	9M205									
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul									
ECTS credits:	5									
Sprache:	Deutsch									
Dauer des Moduls:	Einsemestrig									
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2									
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester									
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. rer. nat. Blieske									
Dozierende:	Prof. Dr. rer. nat. Blieske									
Learning Outcome:	Die Studierenden entwickeln Komponenten für PV-Systeme (Zellen, Module, Gläser und Verkapselung) weiter, indem Sie in Übungen oder Projekten Fachliteratur recherchieren und die Funktionsweise der Komponenten analysieren und berechnen um später in führenden Forschungslaboren im Bereich der Photovoltaik erfolgreich zu arbeiten.									
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Funktion und Eigenschaften von Solarzelle berechnen • Silizium-Solarzellen auslegen und produzieren • Heteroübergängen und Tunnelioden erklären und analysieren • Solarmodule auf der Basis von Verbindungshalbleitern erklären • Die Funktionsweise von organischen Solarzellen erklären • Solarglas für Photovoltaik optimieren • Solarmodulkomponenten aus Kunststoff analysieren • Optimierung von Solarmodulkomponenten • Solarmoduletechnologie weiter entwickeln • Solarmoduldesign weiter entwickeln • sozioökonomischen und betriebswirtschaftliche Zusammenhänge bei der Herstellung von PV-Modulen und in PV-Systemen berechnen 									
Lehr- und Lernmethoden:	Forschendes Lernen Projekte und Übungen Exkursion mit Vor- und Nachbereitung									
Prüfungsformen:	Präsentationen und/oder Bericht (50%) Mündliche Prüfung (50%)									
Workload (30 Std. \triangleq 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Seminar</td> <td style="width: 50%;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projekt</td> <td>20 Std.</td> </tr> <tr> <td>Exkursion</td> <td>10 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>80 Std.</td> </tr> </table>		Seminar	30 Std.	Projekt	20 Std.	Exkursion	10 Std.	Vor- und Nachbereitung	80 Std.
Seminar	30 Std.									
Projekt	20 Std.									
Exkursion	10 Std.									
Vor- und Nachbereitung	80 Std.									
Präsenzzeit:	70 Std.									
Selbststudium:	80 Std.									
Empfohlene Voraussetzungen:	keine									
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Willeke, G.P. (2013): Advances in Photovoltaics (vol. 2), Semiconductors and Semimetals, Elsevier, ISBN 978-0-12-381343-5 • Blieske, U.; Stollwerck, G. (2013): Glass and Other Encapsulation Materials, in Semiconductors and Semimetals, Vol. 89, Burlington: Academic Press pp. 199-258 									

-
- Green, M., et al. (2019): Solar Cell Efficiency Tables (Version 53), Progress in Photovoltaics and Research and Applications, 27(1): 3-12, January 2019
 - Lim, B., et. al. (2018): LID-Free PERC + Solar Cells with Stable Efficiencies Up to 22.1%, Proceedings of the 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. Munich: WIP, pp. 359-365
 - Kleider, J., et. al. (2018): Three-Terminal Tandem Solar Cells Combining Bottom Interdigitated Back Contact and Top Heterojunction Subcells: A New Architecture for High Power Conversion Efficiency, Proceedings of the 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. Munich: WIP, pp. 35-38
 - Walter, A., et. al. (2018): Fully Inorganic Charge Transport Layers for High Efficiency Perovskite Solar Cells and Modules, Proceedings of the 35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. Munich: WIP
 - Reiners, N., Blieske, U., Siebentritt, S. (2018): Investigation on the Angle and Spectral Dependence of the Internal and the External Quantum Efficiency of Crystalline Silicon Solar Cells and Modules, IEEE Journal of Photovoltaics Vol. 8 (6), pp. 1738–1747
-

Verwendung des Moduls in
weiteren Studiengängen:

Keine

3.6 Technologie der Biomassenutzung

Modulnummer:	9M206									
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul									
ECTS credits:	5									
Sprache:	Deutsch									
Dauer des Moduls:	Einsemestrig									
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2									
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester									
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. rer. nat. Rieker									
Dozierende:	Prof. Dr. rer. nat. Rieker									
Learning Outcome:	<p>Die Absolventen erklären und präsentieren unterschiedliche Techniken zur Umwandlung und Bereitstellung von Strom, Wärme und Mobilität in den Bereichen Biogas-/Holzgasgewinnung/Biomasseverbrennung und nutzen diese Kenntnisse in Projekten, die sie in internationalen Teams nach erfolgter Anleitung eigenständig durchführen und anschließend deren Ergebnisse in Berichtsform zusammenfassen und bewerten. Dies erreichen die Absolventen, indem sie qualitätsgesicherte Informationen und Daten zur Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung beschaffen, bewerten und wissenschaftlich darstellen sowie durch Verknüpfung ihrer bisherigen Kenntnisse aus Maschinenbau, Elektrotechnik und Bioenergie eine Machbarkeitsstudie erstellen, um später in Forschung und Entwicklung wissenschaftliche Inhalte und Dokumente verfassen und präsentieren zu können sowie eigenständig eine strukturierte, technologiespezifische Planung und Organisation von Bioenergiesystemen durchzuführen und problemorientierte Lösungen für Bioenergieanlagen oder Bioenergiesysteme zu entwickeln.</p>									
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung in bestehende Verfahren der Bioenergie und deren thermodynamische, mikrobiologische, chemische, maschinenbauliche und verfahrenstechnische sowie ökonomische und ökologische Grundlagen • Vorstellung aktueller Forschungs- und Entwicklungsansätze im Bereich Bioenergie sowie bestehender Projekte am Institut • Anleitung zur Ermittlung des Standes von Forschung und Technik (Literaturrecherchen) für ausgewählte Themen mit studentischer Präsentation • Anleitung zur Machbarkeitsstudie und Ausarbeitung von Projekten gemeinsam mit den Studierenden • Präsentation und Diskussion der Ausarbeitungen 									
Lehr- und Lernmethoden:	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar mit Impulsvorträgen zu Grundlagen und Methoden der Bioenergie zur Vermittlung theoretischen Wissens und anschließenden studentischen Präsentationen mit Diskussion • Anleitung zur Erstellung einer Machbarkeitsstudie 									
Prüfungsformen:	Schriftlicher Bericht (50%), Einzelvortrag (50%)									
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	<table border="0"> <tr> <td>150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vorlesung/Seminar</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Anleitung</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>90 Std.</td> </tr> </table>		150 Std./5 Credits		Vorlesung/Seminar	30 Std.	Anleitung	30 Std.	Vor- und Nachbereitung	90 Std.
150 Std./5 Credits										
Vorlesung/Seminar	30 Std.									
Anleitung	30 Std.									
Vor- und Nachbereitung	90 Std.									
Präsenzzeit:	60 Std.									
Selbststudium:	90 Std.									
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine									

Empfohlene Literatur:

- Kaltschmitt, M. et al. (Hrsg.) (2009): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren; 2. Aufl; Berlin: Springer Verlag

Verwendung des Moduls in
weiteren Studiengängen:

Keine

3.7 Management in Energieverbundsystemen

Modulnummer:	9M207
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Englisch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. habil. Stadler
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. habil. Stadler
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden analysieren die Mechanismen und Voraussetzungen zur Garantie der Stabilität von elektrischen Verbundsystemen, indem sie die Frequenz- und Spannungsstabilität beeinflussenden Kriterien kennen, um später neue Maßnahmen in einem geänderten, auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem zur Gewährleistung der Stabilität entwickeln zu können.</p> <p>Die Studierenden analysieren die Regelmechanismen heutiger Verbundsysteme, indem Sie die Begrifflichkeiten, die Wirkungsweise und die Organisation verschiedener Stufen der Regelleistung und Regelenergie verstehen, um zukünftige Maßnahmen und Alternativen zu deren Bereitstellung einschätzen und selbst entwickeln können.</p> <p>Die Studierenden kennen Möglichkeiten zur Sektorenkopplung und können deren Einsatz zum Demand Response bewerten, indem Sie Differentialgleichungen zur Lösung von Bilanzproblemen erstellen und lösen können, numerischer Verfahren zur Lösung nicht stationärer Veränderungen in Speichersystemen erstellen und anwenden können, um damit Lösungen in verschiedenen Zeit- und Leistungsbereichen des Demand Response zu beurteilen.</p> <p>Die Studierenden kennen und sind in der Lage, Technologien der Energiespeicherung in verschiedensten Zeit-, Energie- und Leistungsbereichen zu beurteilen, indem sie die relevanten Charakteristiken und Ökonomien kennen, um deren Einsatz für unterschiedliche Anwendungen beurteilen zu können.</p> <p>Die Studierenden sind in der Lage, die verschiedensten Möglichkeiten zur Herstellung der Blindleistungsbilanz in Verbundsystemen benennen und zu analysieren, indem sie die Leistungsgleichungen zur Netzanalyse anwenden, um mit verschiedenen Maßnahmen die Spannungsqualität gewährleisten zu können.</p>
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau von elektrischen Verbundnetzen <ul style="list-style-type: none"> - Das Netz der UCTE - Erzeugerkapazitäten - Regelleistung - Ausgleichsenergie • Energiespeicherung <ul style="list-style-type: none"> - Energiespeicherung vor der Stromerzeugung - Elektrische Energiespeicher - Energiespeicherung nach der Stromanwendung • Diskussion von Optionen zukünftiger Energieversorgungssysteme und die damit auftretenden Herausforderungen und Probleme • Diskussion von Lösungsansätzen zur Wirkleistungsbilanz <ul style="list-style-type: none"> - Thermische Energiespeicherung in Zusammenspiel mit Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmepumpen

	<ul style="list-style-type: none"> - Lastmanagement anhand von Beispielen wie Druckluftanlagen, Lüftungsanlagen und Pumpenanlagen - Demand Response - Druckluftspeicherung - Power-to-Gas • Großräumiger Stromtransport • Diskussion von Lösungsansätzen zur Blindleistungsbilanz mittels erneuerbarer Stromerzeuger 								
Lehr- und Lernmethoden:	<p>Der Vorlesungsanteil besteht aus einer Mischung aus Präsentation vorbereiteter Unterlagen, notwendigen Herleitungen und Zwischenerklärungen an der Tafel, Diskussion und Fragerunden mit den Studierenden. Vorlesung und Übung werden dabei als Einheit betrachtet. D. h. wesentliche Erkenntnisse, die im Vorlesungsteil erarbeitet wurden, werden direkt an einzelnen Übungen vertieft. Hierbei wird den Studierenden auch Zeit gegeben, sich selbständig mit den Aufgaben auseinanderzusetzen, um dann in der anschließenden Diskussion gemeinsam eine Lösung zu finden.</p> <p>Ein Großteil der im Lehrskript dargestellten Inhalte sind auch in Lehrvideos verfilmt worden. Hier werden die grundlegenden Zusammenhänge ergänzend vom Lehrenden dargestellt und durch Filmeinspielungen ergänzt. So können Teile des Moduls als Flipped-Classroom-Veranstaltungen durchgeführt werden.</p> <p>In jedem neuen Semester wird eine Projektarbeit in Gruppenform durchgeführt, die in jedem neuen Durchlauf neu formuliert wird und an ein aktuelles Forschungsthema angegliedert wird und Bezug zum Modulinhalt hat.</p>								
Prüfungsformen:	Prüfung (50%), Vortrag (25%), Paper (25%)								
Workload (30 Std. $\hat{=}$ 1 ECTS credit):	<table> <tr> <td>150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Seminar</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Praktikum</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>90 Std.</td> </tr> </table>	150 Std./5 Credits		Seminar	30 Std.	Praktikum	30 Std.	Vor- und Nachbereitung	90 Std.
150 Std./5 Credits									
Seminar	30 Std.								
Praktikum	30 Std.								
Vor- und Nachbereitung	90 Std.								
Präsenzzeit:	60 Std.								
Selbststudium:	90 Std.								
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine								
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Stadler, I. (2006): Demand response: Nichtelektrische Speicher für Elektrizitätsversorgungssysteme mit hohem Anteil erneuerbarer Energien; Habilitation; Berlin: dissertation.de 								
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Elektrotechnik								

3.8 Leistungselektronische Stellglieder für PV- und Windkraftanlagen

Modulnummer:	9M215
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodule
ECTS credits:	5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2
Häufigkeit des Angebots:	Wintersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Lohner
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Lohner, Prof. Dr.-Ing. Dick
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden können elektronische und elektromagnetische Strukturen, Topologien und Regelungsverfahren verschiedener erneuerbarer Energieerzeugungsanlagen (Photovoltaik & Wind) erläutern, erklären und z. T. auch entwickeln, indem sie</p> <ul style="list-style-type: none"> - die gesamte anlagenspezifische Systemtechnik in wesentliche Teile (Elektromechanik, Leistungselektronik, Steuerung/Regelung) gliedern, - Rechnermodelle von allen Teilen und auch der Gesamtanlage entwerfen und mit einem Simulationstool simulieren, - mit Leistungselektronik, Antrieben, klassischen Messgeräten umgehen, - sowie spezifische Regelungsalgorithmen erkennen und verstehen, <p>um als Ingenieure</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erneuerbare Energieerzeugungsanlagen zu konzeptionieren und zu dimensionieren, - Leistungselektronische Komponenten für EE zu entwickeln und - für EE spezifische Regelungen zu entwerfen. <p>Der Realitätsbezug, insbesondere im Hinblick auf neue regulatorische, normative Rahmenbedingungen, welche mit der Energiewende einhergehen, wird hergestellt. Damit ist der Studierende in der Lage die Stellglieder auch im übergeordneten Kontext als Teil eines intelligenten Netzes zu beschreiben um später die richtigen Stellglieder auszuwählen bzw. zu entwickeln.</p>
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Kurzer Überblick über die verschiedenen erneuerbaren Energieträger und deren Potentiale (Photovoltaik; Windkraft etc.). • Prinzipien von netzgeführten wie von Inselwechselrichtern für Photovoltaikanlagen: <ul style="list-style-type: none"> - Physik der Solarzelle, - Stromrichtertopologie, - Systemarchitekturen: Zentral-, String- und Modulwechselrichter, - Steuerungsverfahren: PWM, Stromtoleranzbandregler, MPP-Tracking etc. - Modellbildung und Simulation eines netzgeführten PV-Wechselrichters mit MPP-Tracker. • Prinzipien von Windkraftanlagen <ul style="list-style-type: none"> - doppelgespeiste Asynchronmaschine - Anlage mit Synchronmaschine - windkraftspezifische Regelungsverfahren - Modellbildung und Simulation einer Kleinwindkraftanlage mit Synchrongenerator und Regelung <p>Simulationsübung: Es wird ein Wechselrichter für eine Photovoltaikanlage beispielhaft modelliert und mit einem Simulationstool simuliert. Hierbei wird ein besonderes Augenmerk auf die anlagenspezifischen Regelungsverfahren (MPP-Tracking etc.) gerichtet. Ein Anschauungsbeispiel steht im Labor zur Verfügung</p>

	Praktikum: Aufbauend auf der Simulation wird in einem ersten Praktikumsversuch ein kommerzieller Photovoltaik-Wechselrichter vermessen und analysiert. In einem zweiten Versuch wird eine doppeltgespeiste Asynchronmaschine samt Konvertern als Stellglied für Windkraftanlagen untersucht.	
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesung Übung inkl. Simulation von Stellgliedern im Rechnerpool Praktikum	
Prüfungsformen:	Praktikum (20%) (Voraussetzung für mündliche Prüfung) Mündliche Prüfung (80%)	
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits	
	Vorlesung	30 Std.
	Übung/Simulation	15 Std.
	Praktikum	15 Std.
	Vor- und Nachbereitung	90 Std.
Präsenzzeit:	60 Std.	
Selbststudium:	90 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Kenntnisse in: Leistungselektronik Elektrische Maschinen bzw. Antriebe	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Quaschnig, V. (2011): Regenerative Energiesysteme: Technologie, Berechnung, Simulation; 7. Aufl.; München: Hanser Verlag • Gfrörer, W.-G. (1998): Wechselrichter für Solaranlagen: Leistungselektronik zur Erzeugung von 230V-Wechselspannung aus der Solarbatterie; [o.Aufl.]; Poing: Franzis Verlag 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Elektrotechnik	

3.9 Energy Economics and Environment

Modulnummer:	9M201	
Art des Moduls:	Pflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Englisch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2	
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Bhandari	
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Bhandari	
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden analysieren die ökonomischen Rahmenbedingungen von erneuerbaren Energieprojekten, indem sie sich die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen erschließen und energiewirtschaftliche Kennzahlen mit Hilfe von makro- und mikroökonomischen Instrumenten, auf Basis systematisch erfasster Daten, erstellen und beurteilen, um den wirtschaftlichen Teil von ganzheitlichen Machbarkeitsstudien abzubilden.</p> <p>Die Studierenden evaluieren die Umweltauswirkungen aktueller Energieversorgungstechnologien sowie verfügbarer Energieressourcen, indem sie die computergestützten Ökobilanzierungsprogramme benutzen, um die komplexe und wechselseitig abhängige lokalen und globalen Umweltbelastungen verschiedener Versorgungsoptionen zu vergleichen und bewerten</p>	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Erneuerbare Energien Kennzahlen – globale Betrachtung (Technologie, Politik, Preise) • Energiebilanzen (IEA Länderbeispiele) • Grundlagen der Energiewirtschaft – Theorie und Tools • Energiepreise sowie deren Bildungsmechanismen, einschließlich CO₂ und anderen Steuereffekten, Auswirkungen des Demand Side Managements • Typologie der Energiemärkte (Strombörsen und deren Marktprinzipien; beispielhafte Erklärung von Kapazitätsmarkt, Regelenergie, Systemdienstleistung, usw.) • Machbarkeitsanalysen diverser Zukunftstechnologien (z.B. Elektromobilität, Wärmepumpen, Solarthermie, erneuerbare Stromerzeugung, usw.) mittels RETScreen und Finanzindikatoren • Marktprognose von den verschiedenen erneuerbaren Energietechnologien • Zusammenspiel von Nachhaltigkeit und Energie unter Verwendung der IAEA's <i>Energy Indicators</i>, unter Berücksichtigung der sozial-ökonomischer Aspekte • Ökobilanzierungen (eLCA mit GaBi) • Strategische Wirtschafts- und Unternehmensentscheidungen - Produktportfolio-Matrix 	
Lehr- und Lernmethoden:	<p>Studierende sammeln verschiedene Daten/Kennzahlen aus öffentlich zugänglichen Studien und Statistiken in den Bereichen Energieressourcen und Energieversorgung. Diese Daten werden mit zur Erstellung von Energiebilanzen eines Landes angewendet. Grundlagen der Energiewirtschaft sowie die Typologie der Energiemärkte werden in der Vorlesung behandelt. Preisbildungsmechanismen werden in Form von Tutorials erarbeitet. In Form von Vorlesungen werden die theoretische Themen Machbarkeitsanalyse und Ökobilanzierung erläutert, praktische Übungen werden mit Computer Tools durchgeführt.</p>	
Prüfungsformen:	Klausur	
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits	
	Seminar	45 Std.
	Vor- und Nachbereitung	105 Std.

Präsenzzeit:	45 Std.
Selbststudium:	105 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• International Energy Agency (IEA), (2006): World Energy Outlook; 2. Aufl.; Paris: STEDI• Europäisches Parlament und des Rates: Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen (Richtlinie 2001/77/EG); 2001. Brüssel• Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Hrsg.), (2017): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (ErneuerbareEnergien-Gesetz - EEG 2017) vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066). Zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2549)
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Renewable Energy Management, Master Integrated Water Ressources Management, Master Natural Ressources Management and Development

3.10 Finite Elemente Methode

Modulnummer:	9M204											
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul											
ECTS credits:	5											
Sprache:	Deutsch											
Dauer des Moduls:	Einsemestrig											
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2											
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester											
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Evers											
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Evers											
Learning Outcome:	Die Studierenden können technische Systeme mit Hilfe von rechnergestützten, numerischen Simulationen berechnen, indem sie Modelle der realen Systeme bilden, diese als Modelle in einem Simulationsprogramm erstellen und unter den gewünschten Randbedingungen die Berechnungen durchführen und auswerten, um später bei Entwicklungsaufgaben das Verhalten von zu entwickelnden Produkten im Voraus bestimmen und optimieren können.											
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Grundlagen • Stabelemente • Scheibenelemente • Konvergenz von Dreieck- und Rechteckelementen • Verschiebungsansätze höherer Ordnung • Elementmatrix zur Berechnung elektrischer Felder und magnetischer Felder • Symmetrieeigenschaften • Nichtlinearitäten • Newton–Raphson-Methode 											
Lehr- und Lernmethoden:	Die Vorlesung zur Besprechung der Grundlagen, die anhand von Beispielen veranschaulicht werden. Übungen/Rechnerpraktikum zum Erlernen der Bedienung des Softwarepakets ANSYS. Die selbständige Bearbeitung mehrerer kleiner Projekte in Kleinstgruppen: Definition des Projektziels innerhalb des vorgegebenen Rahmens, Durchführung der FEM-Simulationen Materialien zur Vor- und Nachbereitung (Vorlesungsmaterial, Übungsbeispiele, Vorgaben Projektarbeit) sind online in ILIAS.											
Prüfungsformen:	Klausur											
Workload (30 Std. \triangleq 1 ECTS credit):	<table border="0"> <tr> <td>150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vorlesung</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Übung/Rechnerpraktikum</td> <td>15 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td>45 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>70 Std.</td> </tr> </table>		150 Std./5 Credits		Vorlesung	30 Std.	Übung/Rechnerpraktikum	15 Std.	Projektarbeit	45 Std.	Vor- und Nachbereitung	70 Std.
150 Std./5 Credits												
Vorlesung	30 Std.											
Übung/Rechnerpraktikum	15 Std.											
Projektarbeit	45 Std.											
Vor- und Nachbereitung	70 Std.											
Präsenzzeit:	45 Std.											
Selbststudium:	105 Std.											
Empfohlene Voraussetzungen:	Kenntnisse in: Elektromagnetische Felder Numerische Mathematik											
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Müller, G.; Groth, C. (2007): FEM für Praktiker, Bd.1: Grundlagen: Basiswissen und Arbeitsbeispiele zur Finite-Element-Methode mit dem Programm ANSYS Rev 9/10 (Edition expertsoft) ; 8.Auflage; Renningen: Expert-Verl. 											

-
- Müller, G.; Groth, C. (2002): FEM für Praktiker, Bd.2: Strukturodynamik: Basiswissen und Arbeitsbeispiele zu FEM-Anwendungen der Strukturodynamik; 3. Aufl.; Renningen: Expert-Verl.
 - Schätzing, W. et al, (2014): FEM für Praktiker, Bd.4 Elektrotechnik: Basiswissen und Arbeitsbeispiele zu FEM-Anwendungen in der Elektrotechnik; 3. Aufl.; Renningen: Expert-Verl.

Verwendung des Moduls in
weiteren Studiengängen:

Master Elektrotechnik

3.11 Optische Messtechnik und Optoelektronik

Modulnummer:	9M203	
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul	
ECTS credits:	5	
Sprache:	Deutsch	
Dauer des Moduls:	Einsemestrig	
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2	
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester	
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. rer. nat. Nickich	
Dozierende:	Prof. Dr. rer. nat. Nickich	
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden festigen und erweitern ihr Wissen über optische Messtechnik und konsolidieren ihre experimentellen Fähigkeiten auf diesem Gebiet, indem sie in Projektgruppen Aufgaben aus dem Gebiet der Lichtanalyse und Lichtmesstechnik bearbeiten und die Ergebnisse interpretieren, um später im Berufsalltag kompetente Bewertungen über den qualitativen Zustand von optischen Systemen der Erneuerbaren Energien verfassen zu können.</p> <p>Die Studierenden erwerben Kompetenzen in der Vermessung von Systemen oder Messaufbauten aus thematisch ähnlichen Gebieten wie beispielsweise der optischen Analytik von Pflanzen, Boden, Wasser und anderen Ressourcen, indem sie entsprechende überfachliche Projekte durchführen, um später in interdisziplinären Zusammenhängen kompetent fachliche und ggf. gesellschaftspolitische Expertisen zu erstellen.</p>	
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Basiswissen über Optoelektronik • Halbleiterphysik • Aktoren und Detektoren • Thermische und weitere nicht elektronische Sensoren • LASER-, Leuchtdioden und OLEDs • Fotowiderstand • Fotodiode, Fototransistor • Solarzelle, PV Modul • CCD Sensoren • Fotomultiplier • Optosensoren • Optokoppler • Optische Analytik • Optische und NIR Spektroskopie • IR und NIR Kamerasysteme • Einsatzmöglichkeiten diverser optischer Analytikverfahren • Relevanz der Messverfahren bei den Erneuerbaren Energien 	
Lehr- und Lernmethoden:	Projekt	
Prüfungsformen:	Projektbericht (70%) Klausur (30%)	
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits	
	Vorlesung	30 Std.
	Projektbesprechung	15 Std.
	Projektarbeit	105 Std.
Präsenzzeit:	45 Std.	
Selbststudium:	105 Std.	

Empfohlene Voraussetzungen: Keine

Empfohlene Literatur:

- Bergmann, L. et al. (2004): Lehrbuch der Experimentalphysik Bd. 3: Optik: Wellen- und Teilchenoptik; 10. Aufl., Berlin: Gruyter Verlag
- Quaschnig, V. (2011): Regenerative Energiesysteme: Technologie, Berechnung, Simulation; 7. Aufl.; München: Hanser Verlag

Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen: Keine

3.12 Simulation geo- und solarthermischer Systeme

Modulnummer:	9M213									
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul									
ECTS credits:	5									
Sprache:	Deutsch									
Dauer des Moduls:	Einsemestrig									
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2									
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester									
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Lambers									
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Lambers									
Learning Outcome:	Die Studierenden können thermische Energiewandlungssysteme simulieren, indem sie beispielhaft für geo- und solarthermische Systeme gegebene Randbedingungen systematisch aufbereiten, auf Basis des Ersten und Zweiten Hauptsatzes physikalische Modelle mit dynamischer Abfrage thermophysikalischer Stoffgrößen programmieren, um komplexe thermische Systeme in beliebiger Simulationsumgebung wirklichkeitsgetreu abbilden, dimensionieren und optimieren und Aussagen über deren Verhalten machen zu können.									
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Physik und Modellbildung von Hochtemperaturkollektoren • Physik und Modellbildung von Wärmeübertragern • Physik und Modellbildung von Turbinen • Physik und Modellbildung von Verdichtern • Thermodynamik eines Solarkraftwerkes einschließlich der Wärmebereitstellung, der Wärmespeicherung und dem Wasser-Dampfkreislauf unter Berücksichtigung transienten Systemverhaltens • Thermodynamik eines wärmepumpenbasierten geothermischen Systems unter Berücksichtigung des Aspektes des Demand-Side-Managements • Umgang mit einer aktuellen Simulationssoftware wie z. B. Engineering Equation Solver (EES), Trnsys oder Matlab Simulink • Simulation von solarthermischen Kraftwerken • Simulation von Tiefengeothermiekraftwerken • Simulation von Wärmepumpensystemen 									
Lehr- und Lernmethoden:	<p>In Vorlesungen und Seminaren wird basierend auf dem Konzept des konstruktivistischen Lernens bei den Studierenden der Umbau von Wissensstrukturen dahingehend provoziert, dass sie in der Lage sind, nahezu beliebige Maschinen als thermodynamisches System zu abstrahieren und somit als physikalisches Modell abzubilden. Methodisch motivieren offene Fragestellungen zu aus dem Alltag bekannten Energiesystemen zum kontroversen moderierten Dialog.</p> <p>In der wöchentlich stattfindenden offenen Simulations- und Übungsstunde werden Fragen zur semesterbegleitenden Programmierung von geo- und solarthermische Energiesystemen beantwortet und Übungsfallbeispiele diskutiert.</p>									
Prüfungsformen:	Projekt (30%), Klausur (70%)									
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Seminar/Vorlesung</td> <td style="text-align: right;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Übung/Simulation</td> <td style="text-align: right;">60 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td style="text-align: right;">60 Std.</td> </tr> </table>		150 Std./5 Credits		Seminar/Vorlesung	30 Std.	Übung/Simulation	60 Std.	Vor- und Nachbereitung	60 Std.
150 Std./5 Credits										
Seminar/Vorlesung	30 Std.									
Übung/Simulation	60 Std.									
Vor- und Nachbereitung	60 Std.									
Präsenzzeit:	60 Std.									
Selbststudium:	90 Std.									

Empfohlene Voraussetzungen:	Kenntnisse in <ul style="list-style-type: none">• der Technischen Thermodynamik• der Wärmeübertragung• der Geo- und Solarthermie• der Strömungsmechanik
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• Baehr, H. D.; Kabelac, S. (2005): Thermodynamik - Grundlagen und technische Anwendungen; 12. Aufl.; Berlin, Heidelberg: Springer Verlag• Stieglitz, R.; Heinzl, V. (2012): Thermische Solarenergie: Grundlagen, Technologie, Anwendungen; [o.Aufl.]; Berlin, Heidelberg: Springer Verlag• Winter, C.-J. (1991): Solar Power Plants: Fundamentals, technology, systems, economics; [o.Aufl.]; Berlin:Springer Verlag• Mohr, M. et al. (1999): Praxis Solarthermischer Kraftwerke; [o.Aufl.]; Berlin: Springer Verlag• Duffie, J. A.; Beckman, W. A. (2006): Solar Engineering of Thermal Processes; 3. Aufl.; Hoboken: Wiley
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine

3.13 Stromnetze für Erneuerbare Energien

Modulnummer:	9M208									
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodule									
ECTS credits:	5									
Sprache:	Deutsch, bei Bedarf Englisch									
Dauer des Moduls:	Einsemestrig									
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2									
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester									
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. Waffenschmidt									
Dozierende:	Prof. Dr. Waffenschmidt									
Learning Outcome:	<p>Vor dem Hintergrund einer klima- und ressourcenschonenden Energiewende stehen unsere Stromnetze vor einem fundamentalen Wandel, der sich in den Zielen dieses Moduls widerspiegelt.</p> <p>Die Studierenden erkennen die größten Herausforderungen an die elektrischen Verteilnetze und erarbeiten und bewerten Lösungsvorschläge.</p> <p>Sie benennen die verschiedenen Netzformen, Komponenten und verwenden Fachbegriffe der elektrischen Netze. Sie berücksichtigen ihre Kenntnis der relevanten technischen und rechtlichen Vorgaben beim Anschluss von dezentralen Einspeisern an das Stromnetz. Sie kennen die verschiedenen Berechnungs-Methoden zur Analyse von elektrischen Netzen und wenden anwendungsbezogen die passende Methode an. Sie berücksichtigen die Grundlagen zur Steuerung und Regelung von elektrischen Netzen beim Einsatz von regelungstechnischen Berechnungsmethoden. Aufbauend auf diesen Kompetenzen erstellen sie in Arbeitsgruppen Simulationsmodelle von elektrischen Netzen. Sie analysieren die Simulationsergebnisse anhand von vermittelten Rahmenbedingungen und bewerten die Ergebnisse anhand der selbst vorgegeben Ziele.</p> <p>Sie können später beurteilen, ob Stromnetze eines Netzbetreibers den zukünftigen Anforderungen genügen und sind in der Lage, einen sachgerechten Ausbau zu planen. Ferner können sie beurteilen, ob oder unter welchen Umständen ein Netzanschluss von dezentralen Einspeisern oder größeren Lasten möglich ist.</p>									
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Netzformen und Komponenten • Netzwerke berechnen und simulieren • Fehler-Management • Netz-Regelung • Netzanschluss von dezentralen Einspeisern • Ggf. Unterrichtssprache Englisch (bei Bedarf) 									
Lehr- und Lernmethoden:	<p>Die Studierenden bearbeiten in Teams von 3 bis 4 Personen im Laufe des Semesters eine Aufgabenstellung. In moderierten Diskussionen entscheiden die Studierenden Vorgehen, Ziel und weitere Details zu Ihren Projektarbeiten. Begleitend dazu werden Fachinhalte durch Vorträge des Dozenten vermittelt, die dann unmittelbar in die Projektarbeit eingehen können. Die Ergebnisse der Projekte werden am Ende des Semesters durch Vorträge der Teams präsentiert und durch Fachartikel dokumentiert.</p>									
Prüfungsformen:	<p>Vortrag zur Projektarbeit (30%), mündliche Prüfung (40%), Fachartikel zur Projektarbeit (30%)</p>									
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	<table border="0"> <tr> <td>150 Std./5 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Proseminar</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Projektarbeit</td> <td>30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td>90 Std.</td> </tr> </table>		150 Std./5 Credits		Proseminar	30 Std.	Projektarbeit	30 Std.	Vor- und Nachbereitung	90 Std.
150 Std./5 Credits										
Proseminar	30 Std.									
Projektarbeit	30 Std.									
Vor- und Nachbereitung	90 Std.									
Präsenzzeit:	60 Std.									

Selbststudium:	90 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Grundlagen der Elektrotechnik
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none">• Heuck, K. et al (2007): Elektrische Energieversorgung: Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie für Studium und Praxis; 7. überarb., Aufl.; Wiebaden: Vieweg & Sohn Verlag• Nelles, D., Tuttas, C. (1998): Elektrische Energietechnik; [o.Aufl.]; Stuttgart: Teubner Verlag• Crastan, V. (2007): Elektrische Energieversorgung 1: Netzelemente, Modellierung, stationäres Verhalten, Bemessung, Schalt- und Schutztechnik; 2. bearb. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.: VDE-Anwendungsregel: Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz: Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz (VDE-AR-N 4105) 2011.Berlin
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Elektrotechnik

3.14 Technologie der Energiespeicherung

Modulnummer:	9M214						
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul						
ECTS credits:	5						
Sprache:	Deutsch						
Dauer des Moduls:	Einsemestrig						
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2						
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester						
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr-Ing. Schneiders						
Dozierende:	Prof. Dr-Ing. Schneiders						
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden analysieren die Problematik der Energiespeicherung, insbesondere von elektrischer Energie und entwerfen im Team Ideen und Systeme für die Energiespeicherung.</p> <p>Die Studierenden evaluieren die betriebswirtschaftlichen, volkswirtschaftlichen, umwelttechnischen und gesellschaftlichen Auswirkungen bei der Implementierung diverser Systeme zur Energiespeicherung.</p>						
Modulinhalte:	<ul style="list-style-type: none"> • Physikalische Parameter von Energiespeichersystemen • Speicherkomponenten für elektrische Energie – Batteriearten • Chemische Energiespeicher • Mechanische Energiespeichersysteme • Thermische Speichersysteme • Wasserstofftechnologie • Pumpspeicherwerke • Hybridspeichersysteme – Methan-Wasserstoff • Effizienz diverser Systeme 						
Lehr- und Lernmethoden:	Vorlesung, Übung						
Prüfungsformen:	<p>20% Präsentation (max. 15 Minuten) zu einem Fachthema</p> <p>20% Vorrechnen einer Übung</p> <p>60% Klausur</p>						
Workload (30 Std. \triangleq 1 ECTS credit):	<p>150 Std./5 Credits</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Vorlesung</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Übung</td> <td style="text-align: right;">30 Std.</td> </tr> <tr> <td>Vor- und Nachbereitung</td> <td style="text-align: right;">90 Std.</td> </tr> </table>	Vorlesung	30 Std.	Übung	30 Std.	Vor- und Nachbereitung	90 Std.
Vorlesung	30 Std.						
Übung	30 Std.						
Vor- und Nachbereitung	90 Std.						
Präsenzzeit:	60 Std.						
Selbststudium:	90 Std.						
Empfohlene Voraussetzungen:	Keine						
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Rummich, E. (2009): Energiespeicher: Grundlagen, Komponenten, Systeme und Anwendungen; [o.Aufl.]; Renningen: Expert Verlag, 						
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine						

3.15 Hochspannungsübertragungstechnik

Modulnummer:	9M216
Art des Moduls:	Wahlpflichtmodul
ECTS credits:	5
Sprache:	Deutsch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M1 oder M2
Häufigkeit des Angebots:	Sommersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Humpert
Dozierende:	Prof. Dr.-Ing. Humpert
Learning Outcome:	<p>Die Studierenden können Systeme und Betriebsmittel der Hochspannungsübertragungstechnik hinsichtlich technischer und betriebswirtschaftlicher Kriterien analysieren und auswählen, indem sie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anforderungen an Übertragungssysteme erkennen • Spannungsbelastungen im Nenn- und Fehlerfall bestimmen und Maßnahmen zur Reduktion der Belastungen auslegen • Vor- und Nachteile aktueller und zukünftiger Technologien analysieren und vereinfachte Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchführen, <p>um später fundierte Entscheidungen hinsichtlich des optimalen Aus- und Umbaus der elektrischen Netze unter gesellschaftlichen und politischen Randbedingungen treffen zu können.</p>
Modulinhalte:	<p>Überspannungen und Isolationskoordination</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entstehung und Kategorien von Überspannungen • Ausbreitung von Überspannungen aufgrund von Wanderwellenvorgängen, Reflexionsvorgänge • Begrenzung von Überspannungen, Typen, Eigenschaften, Aufbau und Auswahl von Überspannungsableitern <p>Systeme der Hochspannungsübertragung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hochspannungs-Drehstrom-Übertragung (HDÜ), optimale Übertragungsspannung, Struktur und verschiedene Typen von Schaltanlagen mit ihren Eigenschaften und Einsatzgebieten • Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ), Vor- und Nachteile gegenüber der Drehstrom-Übertragung, Struktur und Funktion von Umrichterstationen, Kostenvergleich, HGÜ-Netze <p>Betriebsmittel der Hochspannungsübertragung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leistungsschalter, Funktionsprinzip, verschiedene Typen und Einsatzgebiete, Schaltgeräte für HGÜ-Systeme • Supraleitende Materialien, Einsatzgebiete, Kühltechnik, Verluste und Kosten, supraleitende Kabel und Strombegrenzer, Funktion und Einsatzgebiete
Lehr- und Lernmethoden:	<p>Vorlesung, Übung, Praktikum, Projekt, Exkursion</p> <p>Der Vorlesungsanteil besteht aus einer Mischung aus Präsentation vorbereiteter Unterlagen, notwendigen Herleitungen und Zwischenerklärungen am Overhead-Projektor, Diskussion und Fragerunden mit den Studierenden unter Einsatz von PINGO und Filmsequenzen zum Thema. Vorlesung und Übung werden dabei als Einheit betrachtet. D. h. wesentliche Erkenntnisse, die im Vorlesungsteil erarbeitet wurden, werden direkt an einzelnen Übungen vertieft. Hierbei wird den Studierenden auch Zeit gegeben, sich selbständig mit den Aufgaben auseinanderzusetzen, um dann in der anschließenden Diskussion gemeinsam eine Lösung zu finden.</p>

	<p>Einzelne Veranstaltungen werden als Flipped-Classroom-Veranstaltungen durchgeführt, in denen die Studierenden die Möglichkeit haben, sich den Stoff individuell zu erarbeiten und Ihre Fragen für die Präsenzveranstaltung zu formulieren. Hier wird dann über diese Fragen diskutiert, wobei sich die Studierenden mit Ihren unterschiedlichen Kompetenzen ergänzen können.</p> <p>Praktikum und Projektaufgabe ergänzen die Lehrveranstaltung, wobei in beiden Teilen eine selbständige Vorbereitung und Durchführung von den Studierenden verlangt wird. In einer Exkursion (eintägig) werden unterschiedliche Betriebsmittel und System der Hochspannungsübertragungstechnik bei Netzbetreibern besichtigt.</p>	
Prüfungsformen:	Mündliche Prüfung (60%), Projektbericht (20%), Praktikumsbericht (20%)	
Workload (30 Std. \cong 1 ECTS credit):	150 Std./5 Credits	
	Vorlesung/Übung	45 Std.
	Praktikum	15 Std.
	Projekt	30 Std.
	Vor- und Nachbearbeitung	60 Std.
Präsenzzeit:	60 Std.	
Selbststudium:	90 Std.	
Empfohlene Voraussetzungen:	Grundlagen der Elektrotechnik	
Empfohlene Literatur:	<ul style="list-style-type: none"> • Küchler, A. (2009): Hochspannungstechnik: Grundlagen – Technologie – Anwendung; 3. Aufl.; Berlin Heidelberg: Springer-Verlag • Heuck, K.; Dettmann, K.-D.; Schulz, D. (2013): Elektrische Energieversorgung; 9. Auflage; Springer Vieweg Verlag 	
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Master Elektrotechnik	

3.16 Masterarbeit und Kolloquium

Modulnummer:	9M219						
Art des Moduls:	Pflichtmodul						
ECTS credits:	26+2						
Sprache:	Deutsch oder Englisch						
Dauer des Moduls:	Einsemestrig						
Empfohlenes Studiensemester:	M3						
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester						
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr. rer. nat. Blieske						
Dozierende:	Dozenten und Dozentinnen des Masterstudiengangs Erneuerbare Energien						
Learning Outcome:	Die Studierenden erforschen selbstständig innerhalb einer vorgegebenen Frist eine gestellte ingenieurwissenschaftliche Aufgabe aus dem Fachgebiet der Erneuerbaren Energien mit hoher Komplexität und hohem Innovationsgehalt, indem sie den Stand der Technik recherchieren, eine geeignete ingenieurwissenschaftliche Methode wählen, die Ergebnisse klar und verständlich nach wissenschaftlichen Kriterien darstellen und diese diskutieren, um später promovieren zu können.						
Modulinhalte:	<p>Masterarbeit</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Masterarbeit besteht aus der eigenständigen Bearbeitung einer ingenieurwissenschaftlichen Aufgabe aus dem Gebiet der erneuerbaren Energien sowie aus der schriftlichen Darstellung der angewandten wissenschaftlichen Methoden und Ergebnisse. Die Masterarbeit umfasst Aspekte der aktuellen Forschungsaktivitäten der am Kompetenzzentrum aktiven Arbeitsgruppen. <p>Die Studierenden sind damit ein tragender Teil der angewandten Forschung und damit direkt in die Forschungsarbeit eingebunden.</p>						
Lehr- und Lernmethoden:	Masterarbeit: Forschendes Lernen. Eigenständige Projektarbeit aus dem Bereich der Ingenieurwissenschaften, in der Regel allein durch einen Professor/eine Professorin angeleitet.						
Prüfungsformen:	Abschlussarbeit, Präsentation und mündliche Prüfung (Kolloquium)						
Workload (30 Std. \triangleq 1 ECTS credit):	<table> <tr> <td>840 Std./28 Credits</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masterarbeit</td> <td>780 Std.</td> </tr> <tr> <td>Kolloquium</td> <td>60 Std.</td> </tr> </table>	840 Std./28 Credits		Masterarbeit	780 Std.	Kolloquium	60 Std.
840 Std./28 Credits							
Masterarbeit	780 Std.						
Kolloquium	60 Std.						
Präsenzzeit:	60 Std.						
Selbststudium:	780 Std.						
Empfohlene Voraussetzungen:	Gemäß Prüfungsordnung						
Empfohlene Literatur:	Themenabhängige, wissenschaftliche Fachliteratur						
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine						

3.17 Masterseminar

Modulnummer:	9M220
Art des Moduls:	Pflichtmodul
ECTS credits:	2
Sprache:	Deutsch oder Englisch
Dauer des Moduls:	Einsemestrig
Empfohlenes Studiensemester:	M3
Häufigkeit des Angebots:	Winter- und Sommersemester
Modulverantwortliche*r:	Prof. Dr.-Ing. Blieske
Dozierende:	Dozenten und Dozentinnen des Masterstudiengangs Erneuerbare Energien
Learning Outcome:	Nach dem Besuch des Masterseminars können die Studierenden Trends und neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Erneuerbaren Energien und angrenzenden ingenieurwissenschaftlichen Gebieten nennen und diese mit den übrigen Ingenieurwissenschaften verknüpfen.
Modulinhalte:	Die Studierenden besuchen mindestens 8 Vorträge von öffentlichen Mastervorträgen innerhalb des Studiengangs Erneuerbare Energien. Sie beteiligen sich an der öffentlichen Diskussion und gewinnen einen Überblick über aktuelle Fragestellungen innerhalb der Erneuerbaren Energien. Außerdem diskutieren die Studierenden Fachfragen im Rahmen der Posterpräsentationen, die halbjährlich zusammen mit den Masterstudierenden der Elektrotechnik innerhalb des Moduls „Masterprojekt“ durchgeführt werden. Des Weiteren beteiligen sich die Studierenden an der Diskussion von mindestens einem eingeladenen Vortrag im Rahmen der CIRE Vortragsreihe. Die Studierenden halten einen eigenen Mastervortrag (auch vor dem Masterkolloquium möglich).
Lehr- und Lernmethoden:	Wissenschaftliche Diskussion
Prüfungsformen:	Ausgefülltes und unterschriebenes Testatblatt für den Besuch von mindestens 8 Vorträgen im Rahmen von öffentlichen Masterseminaren, inhaltliche Vorbereitung auf die Diskussion von mind. einem eingeladenen Vortrag im Rahmen der CIRE Vortragsreihe, ein fachlich relevanter Fragenkatalog von mindestens fünf Fragen muss 1 Woche vor dem Vortragstermin vorgelegt werden. Außerdem eigener <u>benoteter</u> Mastervortrag (auch vor dem Masterkolloquium möglich)
Workload (30 Std. \triangleq 1 ECTS credit):	Masterseminar 60 Std.
Präsenzzeit:	8 Std.
Selbststudium:	52 Std.
Empfohlene Voraussetzungen:	Gemäß Prüfungsordnung
Empfohlene Literatur:	themenabhängige, wissenschaftliche Fachliteratur
Verwendung des Moduls in weiteren Studiengängen:	Keine

Impressum:

TH Köln
Gustav-Heinemann-Ufer 54
50968 Köln

www.th-koeln.de