

Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie  
(berufsbegleitend), M. Eng.

# **MODULHANDBUCH**

**(Externenprüfungsordnung der Hochschule Esslingen  
vom 10.11.2020)**

Stand 15.09.2021

# Inhaltsverzeichnis

<b>Semester 1</b> .....	<b>4</b>
Theoretische Grundlagen der Elektromobilität .....	5
Theoretische Konzepte der Brennstoffzelle .....	8
Systemsimulation .....	10
Technologie der Brennstoffzelle .....	12
<b>Semester 2</b> .....	<b>14</b>
Elektrische Antriebe .....	15
Technologie des Wasserstoffs .....	18
Leistungselektronik und Sicherheitskonzepte .....	20
Wasserstoff-Sicherheitstechnik .....	23
Transferprojekt I .....	25
<b>Semester 3</b> .....	<b>27</b>
Systems Engineering .....	28
Fahrer und Fahrstrategien .....	31
Wasserstoffwirtschaft .....	34
Transferprojekt II .....	36
<b>Semester 4</b> .....	<b>38</b>
Mastermodul .....	39

Hinsichtlich der Verteilung der Module auf die einzelnen Semester kann es aus organisatorischen Gründen Abweichungen vom Curriculum geben. Es wird aber gewährleistet, dass es durch die Verschiebung zu keiner Beeinträchtigung der Studierbarkeit kommt.

## Verwendete Abkürzungen der Prüfungsarten:

AB = Auswertungsbericht	LA = Laborarbeit
BA = Bachelorarbeit	MA = Masterarbeit
BE = Bericht	ML = Mündliche Leistung
BL = Blockveranstaltung	MP = Mündliche Prüfung
BV = Besonderes Verfahren	PA = Projektarbeit
EW = konstruktiver Entwurf	PK = Protokoll
HA = Hausarbeit	PO = Portfolio
HR = Hausarbeit/Referat	PR = Praktische Arbeit
KL = Klausur	RE = Referat
KO = Konstruktion	ST = Studienarbeit
KO = Kolloquium	TE = Testat

## Modulübersicht

Semester 1	Semester 2	Semester 3	Semester 4
Theoretische Grundlagen der Elektromobilität	Elektrische Antriebe	Systems Engineering	Masterthesis
Theoretische Konzepte der Brennstoffzelle	Technologie des Wasserstoffs	Fahrer und Fahrstrategien	
Systemsimulation	Leistungselektronik und Sicherheitskonzepte	Wasserstoffwirtschaft	
Technologie der Brennstoffzelle	Wasserstoff-Sicherheitstechnik	Transferprojekt II	
	Transferprojekt I		

# Semester 1

---

## Theoretische Grundlagen der Elektromobilität

---

Nach Abschluss des Moduls sind die Teilnehmenden in der Lage, die komplexen Anforderungen und Problemstellungen der elektro- und regelungstechnischen Vorgänge der Elektromobilität mittels mathematischer Methoden und numerischer Verfahren zu analysieren und Lösungen zu entwickeln. Dabei können sie Prozesse umfangreich simulieren. Die Teilnehmenden sind imstande, prominente Themen der Elektrotechnik, Regelungstechnik, Mathematik, Matrixorientierte Programmierung und Systemsimulation zu verstehen und einzuordnen.

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4513
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr. Karl-Heinz Steglich
<b>Studiensemester</b>	1
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz oder virtuelle Präsenz</b>	52 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	48 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	50 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Elektromobilität
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundkenntnisse für LV a) und b), wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studium erworben werden
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Einführung in die Elektro-/Regelungstechnik (2 ECTS) b) Mathematik (2 ECTS) c) Matrixorientierte Programmierung und Systemsimulation (1 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	a) Prof. Dr. Karl-Heinz Steglich b) und c) Yvonne Beck
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	Klausur (KL) 120 Min. (40% Teil a), 60% Teil b) und c))

<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% KL
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja
<b>Bemerkungen</b>	-

## Lehrinhalte

### a) Einführung in die Elektro-/Regelungstechnik

- Grundlagen Gleich- und Wechselstromtechnik
- Berechnung von Wechsel-/Drehstromnetzen
- Elektrische Leistung in Gleich-/Wechsel-/Drehstromnetzen
- Elektromagnetismus, Spannungsinduktion
- Lineare Systeme im Zeitbereich, Differentialgleichungen
- Modellierung dynamischer Zustandsraummodelle
- Lineare Systeme im Frequenzbereich
- Laplace-Transformation, Frequenzgänge, Stabilität
- Übertragungsfunktionen im Regelkreis
- Matlab Control System Toolbox

### b) Mathematik

- Komplexe Rechnung
- Matrizen
- Verfahren zur Lösung von Gleichungssystemen
- Polynome
- Differentialgleichungen (DGL) und Anfangswertprobleme (AWP)

### c) Matrixorientierte Programmierung

- Matlab
- Simulink

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden vertiefen die für die ingenieurmäßige Handhabung von technischen Systemen erforderlichen mathematischen Kenntnisse und Methoden. Sie wählen geeignete Methoden aus und wenden diese für die Analyse, Modellierung und Simulation technischer Fragestellungen, konkret mit den Werkzeugen Matlab und Simulink, an. Die Teilnehmenden sind in der Lage, Skripte zu programmieren und Funktionen für den Einsatz von Matrix- und Vektorrechnung sowie die Verwendung fertiger Programmfunktionen anzuwenden. Die Teilnehmenden können die Erstellung und Manipulation von Grafiken, die Datenaufbereitung, numerisches Lösen von Differentialgleichungen und die Simulation von dynamischen Systemen berechnen.

Die Teilnehmenden können mit elektrotechnischen Systemen (Schaltungen, Komponenten) umgehen sowie deren elektronisches Verhalten individuell sowie im systemischen Kontext analysieren und beurteilen. Sie sind imstande, die regelungstechnische Grundkompetenz für das Systemverständnis sowie die Methodik für die Analyse von und den Umgang mit Systemen zu nutzen. Sie vertiefen die Betrachtung und Handhabung im Frequenz- bzw. Laplacebereich, wodurch die Methodenkompetenz zur Bearbeitung und Beherrschung derartiger Systeme geschaffen wird. So sind imstande, die Konzeption von technisch-geregelten Prozessen zu erkennen, zu abstrahieren und zu nutzen. Die Teilnehmenden wenden die technisch-mathematischen Kenntnis- und Methodenkompetenzen sowie entsprechende Werkzeuge für den Umgang, die Analyse und Dimensionierung der Prozesse an.

## Überfachliche Kompetenzen

Die Teilnehmenden können ihre solide Wissensbasis für die Angehensweise und den Umgang mit komplexen technischen Problemstellungen durch fachbezogene mathematisch-simulative sowie elektro- und regelungstechnische Problemstellungen anwenden. Sie sind in der Lage, durch technische Kompetenz und Kenntnis von Simulationsmethoden ihr Abstraktionsvermögen einzusetzen und die verschiedenen technischen Aufgabenstellungen zu beurteilen. Sie können geeignete Analyse- und Simulationsmethoden auswählen und nutzen. Die Teilnehmenden benutzen dabei die Werkzeuge Matlab und Simulink, die in vielen weiteren technischen Disziplinen Anwendung finden. Durch die Methodik des Studierens und gemeinsamen Problemlösens sind sie imstande mit den Herausforderungen der technischen Anforderungen umzugehen sowie ingenieurwissenschaftliche Vorgehensweise und das interdisziplinäre Arbeiten im Team einzusetzen.

## Literatur

### a) Einführung in die Elektro-/Regelungstechnik

- Skriptum zur Vorlesung
- Hagmann, Gert: Grundlagen der Elektrotechnik sowie Aufgabensammlung zu den Grundlagen der Elektrotechnik, Aula, 2017
- Büttner, Wolf-Ewald: Grundlagen der Elektrotechnik 1 / 2, Oldenbourg, 2012 / 2014
- Frohne, Heinrich, Löcherer, Karl-Heinz, Müller, Hans, Harriehausen, Thomas: Moeller Grundlagen der Elektrotechnik, Vieweg+Teubner, 2011 alternativ:
- Harriehausen, Thomas, Schwarzenau, Dieter: Moeller Grundlagen der Elektrotechnik, Springer, 2013
- Kories, Ralf Rüdiger, Schmidt-Walter, Heinz: Taschenbuch der Elektrotechnik: Grundlagen und Elektronik, Edition Harry Deutsch, 2017
- Lunze, Jan: Regelungstechnik 1/2, Springer Verlag, 2016
- Föllinger, Otto: Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, VDE, 2016
- Lutz, Holger, Wendt, Wolfgang: Taschenbuch der Regelungstechnik: mit MATLAB und Simulink, Edition Harry Deutsch, 2014

### b) Mathematik

- Skriptum zur Vorlesung
- Papula, Lothar, Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Band 1: Lehr- und Arbeitsbuch für das Grundstudium, Vieweg+Teubner 2009 (oder neuere Auflage)
- Papula, Lothar, Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Band 2: Lehr- und Arbeitsbuch für das Grundstudium, Vieweg+Teubner 2009 (oder neuere Auflage)
- Papula, Lothar, Mathematische Formelsammlung für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Vieweg+Teubner 2009 (oder neuere Auflage)

### c) Matrixorientierte Programmierung und Systemsimulation

- Beucher, Ottmar: MATLAB und Simulink. Grundlegende Einführung für Studenten und Ingenieure in der Praxis, Addison-Wesley, 2008.
- Beucher, Ottmar: Signale und Systeme: Theorie, Simulation, Anwendung. Eine beispielorientierte Einführung mit MATLAB, Springer Vieweg, 2015
- Günter M. Gramlich: Eine Einführung in MATLAB – Aus Sicht eines Mathematikers, Hochschule Ulm, 2007 (online erhältlich)
- Perez Lopez, Caesar: MATLAB Control Systems Engineering, Springer/Apress, 2014
- Scherf, Helmut E.: Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme. Eine Sammlung von Simulink-Beispielen, Oldenbourg, 2010
- Stein, Ulrich: Programmieren mit MATLAB. Programmiersprache, Grafische Benutzeroberflächen, Anwendungen, Carl-Hanser, 2012

---

## Theoretische Konzepte der Brennstoffzelle

---

Die Teilnehmenden erwerben vertiefende Kenntnisse in der theoretischen Beschreibung von Brennstoffzellen. Sie können Brennstoffzellentypen auf Ihre Anwendbarkeit evaluieren. Sie sind in der Lage thermodynamische, chemische und elektrochemische Potentiale im jeweiligen Kontext anzuwenden. Die Teilnehmenden erkennen die Grenzen der thermodynamischen Modellbildung und können das reale Verhalten von Brennstoffzellen mittels des Konzeptes der Reaktionskinetik bewerten.

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff/Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4520
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
<b>Studiensemester</b>	1
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz oder virtuelle Präsenz</b>	36 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	64 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	50 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	-
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundkenntnisse in Thermodynamik, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studium erworben werden
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Thermodynamik und Kinetik der Brennstoffzelle (4 ECTS) b) Laborübung Brennstoffzellen (1 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	a) Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki, Prof. Dr. Volkmar M. Schmidt b) Herr Alexander Müller-Dollinger
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung mit Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	a) und b): Hausarbeit mit Referat (HR; Hausarbeit ca. 10 Seiten, Referat 20 Min.) b) Protokoll (PK; ca. 5 Seiten)

<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% HR; PK unbenotet
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja
<b>Bemerkungen</b>	-

## Lehrinhalte

### a) Thermodynamik und Kinetik der Brennstoffzelle

- Thermodynamik der Mehrstoffsysteme
- Fundamentalgleichung mit chemischem und elektrochemischem Potential
- Kinetik der Elektrodenprozesse
- Polarisationsarten, Ladungs- und Massentransport in der Zelle
- Leistungsverhalten der gesamten Zelle, Modellierung und Charakterisierung

### b) Laborübung Brennstoffzellen

- Bau von Einzellern
- Charakterisierung der Zelle

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden erweitern ihr Wissen auf dem Gebiet der Mehrstoff-Thermodynamik. Sie können das Konzept des chemischen und elektrochemischen Potentials auf die Modellierung von Brennstoffzellen anwenden. Sie sind in der Lage, das reale Verhalten von Brennstoffzellen mittels der Konzepte der Reaktionskinetik qualitativ und quantitativ zu beurteilen. Die Teilnehmenden werden befähigt, z.B. Strom-Spannungs-Kennlinien zu analysieren und hinsichtlich des Wirkungsgrades zu optimieren. Sie können die neuen Kenntnisse auf die unterschiedlichsten Betriebsweisen von Brennstoffzellen anwenden und Brennstoffzellensysteme auslegen.

## Überfachliche Kompetenzen

Die Teilnehmenden können physikalische Zusammenhänge in ein mathematisches Modell überführen. Sie können Optimierungen an physikalisch-mathematischen Modellen entwickeln. Sie entwickeln die Problemlösungskompetenzen durch das Erarbeiten von komplexen Zusammenhängen und das selbständige Lösen von Übungsaufgaben weiter.

## Literatur

- Job, G.; Rüffler, R.: Physikalische Chemie, Vieweg+Teubner Verlag 2011
- O'Hayre, R; Cha, S-K., u.a.: Fuel Cell Fundamentals, John Wiley Verlag 2006
- Kurzweil, P.: Brennstoffzellentechnik Springer Vieweg Verlag 2013
- Press, R.J., Santhanam, K.S.V., u.a.: Introduction to Hydrogen Technology, John Wiley Verlag 2009
- C.H. Hamann, W. Vielstich: Elektrochemie, 4. vollst. und aktual. Aufl., Wiley-VCH 2003.
- V.M. Schmidt: Elektrochemische Verfahrenstechnik-Grundlagen, Reaktionstechnik, Prozessoptimierung, Wiley-VCH 2003.

---

## Systemsimulation

---

Die Teilnehmenden können dynamische mechatronische Systeme modellieren, simulieren und identifizieren. Dieses umfasst die signalflussorientierte Modellbildung mechanischer, thermischer sowie elektrischer Streckenmodelle sowie die Modellierung der informationsverarbeitenden Komponenten. Dabei sind die Teilnehmenden in der Lage, die dynamischen Wechselwirkungen insbesondere in Hinblick auf den Themenbereich Elektromobilität fachübergreifend zu betrachten.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4514
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr.-Ing. Gerd Wittler
<b>Studiensemester</b>	1
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz und virtuelle Präsenz</b>	42 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	8 h
<b>Workload Selbststudium</b>	80 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	20 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Elektromobilität
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Kenntnisse in Mathematik, Regelungstechnik, Elektrotechnik, Technische Mechanik
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Systemsimulation
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr.-Ing. Gerd Wittler, Dr. Manuel Warwel, Dipl.-Ing. Friedhelm Schlüter
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung mit Übungen und Rechnerlabor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	Projektarbeit (PA): Eigenständige Ableitung, Implementierung und Analyse eines Systemmodells mit einem Simulationsprogramm nach Aufgabenstellung. Dokumentation (Bericht 15-20 Seiten) und Präsentation (ca. 15-20 Minuten) der Ergebnisse. Die Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgt in Kleingruppen.
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PA
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-

---

<b>Zertifikatskurs</b>	Ja
<b>Bemerkungen</b>	-

## Lehrinhalte

### a) Vorlesung Systemsimulation

- Einleitung und Motivation
- Grundlagen der signalflussorientierten Systemmodellierung
- Anwendung Numerischer Simulationsverfahren und Echtzeitsimulation
- Modellbildung von Streckenmodellen (mechanisch/ elektrisch/ thermisch / usw.)
- Identifikationsverfahren im Zeit- und Frequenzbereich
- Modellierung informationsverarbeitender Systeme

### b) Rechnerlabor Systemsimulation

- Einführung in die signalflussorientierte Systemmodellierung (Matlab/Simulink)
- Einstellung und Anwendung numerischer Simulationsverfahren
- Modellierung, Identifikation und Parameterstudie eines elektrischen Antriebssystems
- Modellierung und Auslegung eines Temperaturbeobachters für einen Wechselrichter

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden kennen den Einsatzzweck und die Bedeutung der System- und Echtzeitsimulation in der Produktentwicklung mechatronischer Systeme sowie die verschiedenen Modellierungselemente und Methoden zur signalflussorientierten Modellierung und Implementierung von mechatronischen Systemen (z.B. Nichtlineare Zustandsdarstellung, Blockdiagramm, Übertragungsfunktion). Sie verstehen die Eigenschaften sowie die Vor- und Nachteile und die Einsatzgebiete (wie z.B. MiL-, SiL-, PiL-, HiL- und RCP-Systeme) der unterschiedlichen Systemdarstellungen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, technische Aufgabenstellungen mit Hilfe von Systemmodellen und den Modellierungselementen zu beschreiben, analysieren, bewerten und das Systemverhalten zu optimieren. Die Teilnehmenden können dazu geeignete Analyse- und Simulationsverfahren auswählen und anwenden.

## Überfachliche Kompetenzen

Die Teilnehmenden können sowohl selbstständig als auch im Team Aufgaben bearbeiten und Problemstellungen lösen. Sie sind in der Lage, die angewandten Methoden der Systemsimulation auch außerhalb der fachlichen Gegenstandsbereiche des Studiums anzuwenden.

## Literatur

- Skript und digitale Lernmaterialien zur Vorlesung und zum Labor
- Zirn, O.: Modellbildung und Simulation mechatronischer Systeme, mit Beispielsimulationen und Modellen in Matlab/ Simulink, Springer Verlag, 2006.
- Föllingen, O.: Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und ihre Anwendung, VDE Verlag, 2. Auflage, 2016.
- Matlab und Simulink, Beispielorientierte Einführung in die Simulation dynamischer Systeme, Addison Wesley Verlag, 1998
- Warwel, M.: Systematische Modellbildung zur echtzeitfähigen beobachterbasierten Temperaturüberwachung von Wechselrichtern für Elektro- und Hybridfahrzeuge, Springer Vieweg Verlag, Wissenschaftliche Reihe Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart, 1. Auflage, 2017.

---

## Technologie der Brennstoffzelle

---

Die Teilnehmenden verstehen den Aufbau und die Funktionsweise von Brennstoffzellensystemen und beherrschen eine konstruktive Auslegung und Modellierung des Systems. Sie sind befähigt, eine Auslegung und Integration von Brennstoffzellen in mobilen Gesamtsystemanwendungen eigenständig durchzuführen. Hierzu werden die thermodynamischen und reaktionskinetischen Kenntnisse in den konstruktiven Aufbau von elementaren Baugruppen (GdL/MEA) sowie des Gesamtsystems in mobilen und stationären Anwendungen ausführlich behandelt. Ferner werden gesetzliche Rahmenbedingungen behandelt, die im Zuge einer konstruktiven Gestaltung und Anwendung zu beachten sind. Die Vorlesung wird durch experimentelle Laborübungen unterstützt.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff/Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4521
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr. Ralf Wörner
<b>Studiensemester</b>	1
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz oder virtuelle Präsenz</b>	36 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	50 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	64 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	-
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundkenntnisse in Allgemeiner und Physikalischer Chemie, Kenntnisse in Thermodynamik und Physik.
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Aufbau und Herstellung von Brennstoffzellensystemen (4 ECTS) b) Labor Brennstoffzellensysteme (1 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	a) Prof. Dr. Ralf Wörner, Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Markus b) Patrick Eckhardt
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	a) und b): Klausur (KL) 120 Min. b) Protokoll (PK; mindestens 15 Seiten)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% KL; PK unbenotet

---

<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja
<b>Bemerkungen</b>	-

### Lehrinhalte

- Übersicht und Einführung in elektrochemische Energiespeicher
- Nachhaltigkeit und Zukunftstrends für elektrochemische Speicher im Überblick
- Grundkenntnisse in Elektrochemie (Anode, Kathode, Elektrolyt, Aufbau einer Zelle)
- Thermodynamik und Kinetik für galvanische Elemente (Brennstoffzellen)
- Charakterisierung von Brennstoffzelle (Messtechnik: Stromdichte/Spannungskurven, Leistungsdichte)
- Materialien für Brennstoffzellen (GdL, MEA) und Herstellungsverfahren
- Verfahrenstechnik zu Brennstoffzellen in mobilen Anwendungen
- Aufbau eines Gesamtsystems unter Deklaration aller Baugruppen
- Anforderungen an eine zulassungsfähige Integration in Fahrzeuganwendungen
- Legislative Vorgaben bei der konstruktiven Gestaltung von Brennstoffzellen-Systemen

### Fachkompetenz

Aufbauend auf den Kenntnissen in Allgemeiner und Physikalischer Chemie und den Kenntnissen in Thermodynamik und Elektrotechnik können die Teilnehmenden die Funktionsweise elektrochemischer Zellen einordnen. Durch praktische Versuche sind sie in der Lage, die Funktionsweise und den Aufbau von Brennstoffzellen zu beurteilen. Die Teilnehmenden sind imstande, die Einsatzmöglichkeiten von Brennstoffzellen sowie deren Grenzen im Einsatz und in der Kombination mit/und in anderen Systemen abzuschätzen. Durch das erlernte Wissen zum Betrieb von Brennstoffzellen, können die Teilnehmenden Anforderungen für den Einsatz in verschiedenen Anwendungen selbst definieren sowie im Betrieb auftretende Problemstellungen zu identifizieren. Durch das Erlernte sind die Teilnehmer in der Lage die Einsatzmöglichkeiten von Brennstoffzellensystemen zu bewerten.

### Überfachliche Kompetenzen

Die Teilnehmenden stärken durch gemeinsames Problemlösen und Argumentieren ihre Sozialkompetenz. Das Lösen von realitätsnahen Problemstellungen erhöht die Selbstständigkeit der Teilnehmer.

### Literatur

- Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik, Eichlseder, Springer, 2012
- Brennstoffzellentechnik, Kurzweil, Springer, 2013
- Wasserstoff und Brennstoffzelle, Töpler, Springer Verlag, 2017
- V.M. Schmidt: Elektrochemische Verfahrenstechnik-Grundlagen, Reaktionstechnik Prozessoptimierung, Wiley-VCH: Weinheim, 2006.
- A. Heinzl, F. Mahlendorf, J. Roes (Hrsg.): Brennstoffzellen-Entwicklung, Technologie, Anwendung, 3. neu bearb. Aufl., CF. Müller Verlag: Heidelberg, 2006.
- Rechtliche Rahmenbedingungen der Energiewende, Thomas, Springer, 2017

# Semester 2

---

## Elektrische Antriebe

---

Die Teilnehmenden kennen die wesentlichen für moderne Traktionsantriebe geeigneten Typen elektrischer Maschinen. Sie sind mit den physikalischen Wirkmechanismen innerhalb der Maschinen vertraut und können ihr Betriebsverhalten am Wechselrichter stationär beschreiben. Sie sind in der Lage, anhand von Spezifikationen einen elektromechanischen Energiewandler grob zu entwerfen. Sie haben erste Erfahrungen mit der Prüfung elektrischer Fahrmotoren und können die Test-Ergebnisse beurteilen. Die Teilnehmenden verstehen die Methoden der modellbasierten Entwicklung von Reglerfunktionen für elektrische Antriebssysteme und können diese in der Praxis anwenden. Sie können Signalflusspläne als Sprachmittel der Steuerungs- und Regelungstechnik zur Entwicklung von Steuergeräte-Software einsetzen. Sie sind in der Lage, effizienten Steuergeräte-Softwarecode durch teilautomatisierte Zeit- und Wertediskretisierung sowie den Einsatz von Autocodegeneratoren zu entwickeln.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4504
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr.-Ing. Frank Tränkle
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Sommersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz und virtuelle Präsenz</b>	48 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	52 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	50 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Elektromobilität
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundlagen Elektromagnetismus und Dynamik, Wechselstromlehre in komplexer Notation, Kenntnisse der Grundtypen elektrischer Maschinen und ihres stationären Betriebsverhaltens am Netz, Embedded-Software-Entwicklung in C, Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik, Grundkenntnisse in MATLAB/Simulink
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Elektrische Maschinen und Antriebe (2 ECTS) b) Modellbasierte Regelung elektrischer Antriebe (2 ECTS) c) Labor Elektrische Maschinen und Antriebe (1 ECTS)

---

<b>Lehrende/r</b>	a) Prof. Dr.-Ing. Markus Harke b) Prof. Dr.-Ing. Frank Tränkle c) Prof. Dr.-Ing. Markus Harke / Prof. Dr.-Ing. Frank Tränkle
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung, Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	a) Klausur (KL) 60 Min. b) Klausur (KL) 60 Min. c) Protokoll (PK; ca. 10 Seiten pro Labor)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	50% KL Elektrische Maschinen und Antriebe, 50% KL Modellbasierte Regelung elektrischer Antriebe PK unbenotet
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja
<b>Bemerkungen</b>	-

### Lehrinhalte

#### a) Elektrische Maschinen und Antriebe

- Wichtige elektrische Maschinen für Traktionsantriebe
- Grundlagen elektrischer Maschinen: Werkstoffe, Verlustmechanismen, Kühlung, Nutzfelder und Streuung
- Entwurf mit Kenngrößen
- Stationäres Betriebsverhalten von Drehfeldmaschinen am Wechselrichter
- Drehfeldbildung und Drehstromwicklungen

#### b) Modellbasierte Regelung elektrischer Antriebe

- Vorgehensmodell modellbasierte Softwareentwicklung
- Entwurf von Reglerfunktionen für elektrische Antriebe
- Modellierung und Simulation von Regelkreisen für elektrische Antriebssysteme in MATLAB/Simulink
- Auto-Code-Generierung
- Validierung und Verifikation der Antriebsregler

#### c) Labor Elektrische Maschinen und Antriebe

- Aufbau von Prüffeldern für elektrifizierte Antriebe im KFZ
- Prüfung eines elektrischen Traktionsantriebs für Elektro- oder Hybrid-Fahrzeug;
- Modellbildung und Simulation der Dynamik eines Antriebssystems; Entwurf und Modellbildung von Drehmomenten-, Drehzahl- und Positionsreglern
- Auto-Code-Generierung und Inbetriebnahme der Regler auf Antriebssystem

### Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können unterschiedliche Konzepte für Traktionsantriebe vergleichend gegenüberstellen. Sie können das Betriebsverhalten von Drehfeldmaschinen bei Betrieb am Wechselrichter berechnen und Betriebsgrenzen prognostizieren. Sie sind fähig, eine elektrische Maschine grob zu entwerfen und kennen die wichtigen Einflussparameter des Entwurfs auf das

Antriebsverhalten. Sie können Wicklungen für Drehfeldmaschinen auslegen und die Auswirkungen ihres Entwurfs auf die Drehfeldbildung analysieren.

Die Teilnehmenden können dynamische Modelle für elektrische Antriebe sowie die Längsdynamik von Fahrzeugen herleiten. Auf Basis dieser Dynamikmodelle können sie Strom-, Drehzahl- und Positionsregler entwerfen. Sie können sowohl die Dynamik- als auch die Reglermodelle in MATLAB/Simulink implementieren und simulieren. Mit Hilfe des Auto-Code-Generators Simulink Embedded Coder können sie Embedded-C-Code für elektronische Steuergeräte zur Antriebsregelung generieren und in Betrieb nehmen.

Die Teilnehmenden können Komponenten und Funktionalität eines Prüffeldes für elektrische Antriebe im KFZ erläutern. Sie sind in der Lage, Prüfungen zum stationären Verhalten eines elektrischen Antriebs zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Die Teilnehmenden sind in der Lage, Regler für elektrische Antriebe zu entwerfen, zu simulieren und auf einem realen Antriebssystem in Betrieb zu nehmen und zu testen.

### **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl im Team als auch selbstständig Probleme zu lösen, Ergebnisse zu diskutieren und zu interpretieren sowie sich zu organisieren.

### **Literatur**

- Skriptum zur Vorlesung
- Fischer, R.: Elektrische Maschinen, Carl Hanser Verlag, 17. Auflage, 2017.
- Müller, G., Ponick, B.: Grundlagen Elektrischer Maschinen, Wiley-VCH Verlag, 10. Auflage, 2014.
- Binder, A.: Elektrische Maschinen und Antriebe, Springer Verlag, 2. Auflage, 2017.
- Schröder, D.: Elektrische Antriebe – Grundlagen, Springer 2017.
- Schröder, D.: Elektrische Antriebe – Regelung von Antriebssystemen, Springer, 2015.
- Angermann, A.: MATLAB-Simulink-Stateflow: Grundlagen, Toolboxen, Beispiele, De Gruyter, 2016.
- Nürnberg W. et al.: Die Prüfung elektrischer Maschinen, Springer Verlag, 2001.
- Lunze, J.: Regelungstechnik 1, Springer, 2016.
- Schulz, G., Graf, K.: Regelungstechnik 1, Oldenbourg, 2013.
- Schulz, G., Graf, K.: Regelungstechnik 2, De Gruyter Oldenbourg, 2015.

---

## Technologie des Wasserstoffs

---

Die Teilnehmenden erwerben vertiefende Kenntnisse in der theoretischen und praktischen Beschreibung von Wasserstoff als Energieträger, unter anderem in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften. Sie sind in der Lage, die Herstellung, die Speicherung und den Transport von Wasserstoff in seinen chemisch-physikalischen Zusammenhängen einzuordnen. Die Teilnehmenden können die technologischen Lösungen zur Herstellung, Speicherung und Transport anwenden und Auslegungskonzepte ableiten.

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff/Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4522
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Sommersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz oder virtuelle Präsenz</b>	40 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	50 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	60 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	-
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundkenntnisse in allgemeiner und physikalischer Chemie, Kenntnisse in Thermodynamik und Physik
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Eigenschaften, Herstellung, Speicherung und Transport von Wasserstoff b) Laborübung Wasserstofftechnologie
<b>Lehrende/r</b>	a) Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki, Prof. Dr. Volkmar M. Schmidt b) Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki, Herr Alexander Müller-Dollinger
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung mit Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	a) und b): Hausarbeit mit Referat (HR; Hausarbeit ca. 10 Seiten, Referat 20 Min.) b) Protokoll (PK; ca. 5 Seiten)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% HR; PK unbenotet

---

<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja
<b>Bemerkungen</b>	-

## Lehrinhalte

### a) Eigenschaften, Herstellung, Speicherung und Transport von Wasserstoff

- Eigenschaften des Wasserstoffs
- Erzeugung von Wasserstoff, Elektrolyse
- Speicherung von Wasserstoff
- Transport von Wasserstoff
- Wasserstoffinfrastruktur
- Wasserstoff als Ausgangsprodukt für Synthetische Kraftstoffe

### b) Laborübung Wasserstofftechnologie

- Elektrolyse
- Betankung von Wasserstofffahrzeugen

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden verfügen über chemische, physikalische und technologische Kenntnisse, um die Eigenschaften zur Erzeugung, zur Speicherung und zum Transport von Wasserstoff zu bewerten. Sie können Anlagen zur Erzeugung, zur Speicherung und zum Transport von Wasserstoff in ihren Dimensionen und Funktionen auslegen und daraus konstruktive Lösungen ableiten.

## Überfachliche Kompetenzen

Die Teilnehmenden sind in der Lage, chemische und physikalische Zusammenhänge in eine technologische Lösung zu überführen und diese zu bewerten. Sie können Optimierungen an chemisch-physikalischen Apparaten und Prozessen durchführen und auswerten. Durch das Erarbeiten von komplexen Zusammenhängen und das selbstständige Lösen von Übungsaufgaben können sie ihre Kompetenzen zur Umsetzung in technologischen Lösungen weiterentwickeln.

## Literatur

- Press, R.J., Santhanam, K.S.V., u.a.: Einführung in die Wasserstoff-Technologie, John Wiley Verlag 2009
- Kurzweil, P.: Brennstoffzellentechnik Springer Vieweg Verlag 2013
- Töpler, J.; Lehmann, J.: Wasserstoff und Brennstoffzelle, Springer Vieweg, 2017

---

## Leistungselektronik und Sicherheitskonzepte

---

Nach Abschluss des Moduls sind die Teilnehmenden imstande, ein breites Spektrum an technischen Wirkzusammenhängen zu verstehen. Auf dieser Basis können sie neuartige leistungselektronische Schaltungen systematisch analysieren. Die dabei angewandten Methoden zur Modellierung und Simulation basieren auf vergleichbaren Zusammenhängen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, für verschiedene Aufgabenstellungen geeignete Methoden auszuwählen und anzuwenden.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4507
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr.-Ing. Rainer Uhler
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Sommersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz und virtuelle Präsenz</b>	42 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	58 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	50 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Elektromobilität
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Kenntnisse in Mathematik, Regelungstechnik Elektrotechnik, Technische Mechanik, Schwingungslehre Funktionsprinzipien der Energiewandlung, Elektrische Bauteile im Kontext der Leistungselektronik
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Leistungselektronik und Steuergeräte / Sicherheitskonzepte (3 ECTS) b) Labor Schaltungsmodellierung und -simulation (2 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr.-Ing. Rainer Uhler
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung, Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	a) Klausur (KL) 90 Min. b) Protokoll (PK; 5 Berichte à 10 Seiten)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	60% KL, 40% PK

---

<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja
<b>Bemerkungen</b>	-

## Lehrinhalte

### a) Leistungselektronik und Steuergeräte / Sicherheitskonzepte

- Standard Converter Topologien
  - Buck Converter
  - Boost Converter
  - Single Phase Half Bridge Converter
  - Single Phase Full Bridge Converter
  - Three Phase PWM Voltage Source Inverter
  - Pulse Width Modulation Methods
- Sicherheitskonzepte der E-Mobilität
  - Gefahren des elektrischen Stroms
  - Elektrische Sicherheitstechnik
  - Sicherheitsregeln
  - Eigensichere Hochvoltsysteme
  - Ladekonzepte
  - Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen

### b) Labor Schaltungsmodellierung und -simulation

- Simulation von Stromrichterschaltungen in Matlab/Simulink sowie deren Analyse
  - Dreiphasensysteme und deren Beschreibung mit Raumzeigern
  - Buck Converter
  - Boost Converter
  - Single Phase Half Bridge Converter
  - Single Phase Full Bridge Converter
  - Three Phase PWM Voltage Source Inverter
  - Pulse Width Modulation Methods
  - Stromregelung mit Hilfe leistungselektronischer Schaltungen

## Fachkompetenz

Aufbauend auf den Kenntnissen eines Bachelorstudienganges wird das elektrotechnische Grundlagenwissen im Bereich der Leistungselektronik erweitert. Die Teilnehmenden beherrschen die Funktionsweise der ausgewählten selbstgeführten Stromrichterschaltungen sowie die hierfür gängigsten Ansteuerverfahren. Sie sind in der Lage, diese in Simulationen umzusetzen und die Funktionsweise der Stromrichter in der Simulation darzustellen. Sie können die neuen Kenntnisse an komplexen technischen Problemstellungen von der Modellbildung, über die rechnergestützte Lösung bis zur Analyse anwenden.

## Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl im Team als auch selbstständig Probleme zu lösen, Ergebnisse zu diskutieren und zu interpretieren sowie sich zu organisieren.

## Literatur

- J. Lutz, Halbleiter-Leistungsbaulemente: Physik, Eigenschaften, Zuverlässigkeit, Springer Berlin Heidelberg New York, ISBN 10 3-540-342060-0.
- D. Schröder, Leistungselektronische Schaltungen: Funktion, Auslegung und Anwendung, Springer-Lehrbuch, 2. Auflage 2008, ISBN: 978-3-540-69300-0.
- G. Hagmann, Leistungselektronik - Grundlagen und Anwendungen in der elektrischen Antriebstechnik, AULA-Verlag, 4. Auflage 2009.
- J. Specovius, Grundkurs der Leistungselektronik - Bauelemente, Schaltungen und Systeme, Vieweg + Teubner, 3. Auflage 2009.
- P. F. Brosch, J. Wehberg, J. Landrath, Leistungselektronik - Kompakte Grundlagen und Anwendungen, Vieweg Verlag, 1. Auflage 2000, ISBN 3-528-03879-9.
- R. Jäger, Leistungselektronik - Grundlagen und Anwendungen, Berlin, Offenbach: VDE-Verlag, 6. Auflage.
- M. Michel, Leistungselektronik - Eine Einführung, Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag: 2011, DOI 10.1007/978-3-642-15984-8.
- R. Lappe, Handbuch Leistungselektronik, Berlin, München, Verlag Technik.
- D. Anke, Leistungselektronik, München, Wien, Oldenburg, Verlag.
- W. Hirschmann, A. Hauenstein, Schaltnetzteile, Berlin, München: Siemens AG.
- O. Klingenstein, Schaltnetzteile in der Praxis, Würzburg: Vogel-Verlag.
- R. Jäger, E. Stein, Übungen zur Leistungselektronik, Berlin, Offenbach: VDE-Verlag.
- U. Schlienz, Schaltnetzteile und ihre Peripherie, ISBN 3-528-13935-8, vieweg-Verlag.
- Haitham Abu-Rub: High Performance Control of AC Drives with Matlab / Simulink Models, Wiley.
- Skript zur Vorlesung „Leistungselektronik und Steuergeräte/Sicherheitskonzepte“.
- Versuchsbeschreibungen der jeweiligen Labortermine.

---

## Wasserstoff-Sicherheitstechnik

---

Die Teilnehmenden erwerben Kenntnisse über die Sicherheitsaspekte im Umgang mit Wasserstoff. Sie werden befähigt Gefahrenquellen zu analysieren und mögliche Schutzmaßnahmen zu bewerten. Sie können sicherheitstechnische Konzepte für Wasserstoffanlagen erarbeiten und analysieren. Das Wissen über die Sicherheitstechnik wird mit relevanten Rechtsvorschriften und technischen Regeln ergänzt. Die Teilnehmenden werden befähigt Sicherheitstechnik richtig auszulegen und vorhandene Anlagen auf ihre Wirksamkeit zu analysieren.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff/Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4523
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Waldemar Schneider
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Sommersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz oder virtuelle Präsenz</b>	42 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	50 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	58 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	-
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundkenntnisse in Allgemeiner und Physikalischer Chemie, Kenntnisse in Thermodynamik und Physik.
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Sicherheit im Umgang mit Wasserstoff (4 ECTS) b) Labor Wasserstoffsicherheit (1 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	a) Waldemar Schneider b) Waldemar Schneider
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	a) und b): Klausur (KL) 120 Min. b) Protokoll (PK; ca. 10 Seiten)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% KL; PK unbenotet

---

<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	-
<b>Bemerkungen</b>	-

### Lehrinhalte

- Mögliche Gefahren im Umgang mit Wasserstoff
- Grundlegende Sicherheitsaspekte im Umgang mit Wasserstoff
- Sicherheitsaspekte im Umgang mit Wasserstoff im Vergleich zu anderen Gasen und Kraftstoffen
- Generelle und technische Schutzmaßnahmen
- Aufbau von wasserstoffführenden Systemen in Industrieanlagen und Fahrzeugen
- Geltende Vorschriften für Wasserstoffanlagen

### Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, ihr Wissen zur Technik des Wasserstoffs anzuwenden. Sie können die sicherheitstechnischen Anforderungen an Teil- und Gesamtsysteme bewerten und Lösungen entwickeln. Die Teilnehmenden erhalten eine fundierte Fachkompetenz zu aus Wasserstoffsystemen resultierenden Gefahren und möglichen Konsequenzen sowie zu entsprechendem Wissen zur Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Vermeidung von Schäden für Mensch und Umwelt.

### Überfachliche Kompetenzen

Die Teilnehmenden stärken durch gemeinsames Problemlösen und Argumentieren ihre Sozialkompetenz. Das Lösen von realitätsnahen Problemstellungen erhöht ihre Selbstständigkeit.

### Literatur

- Wasserstoff und Brennstoffzelle, Töpler, Springer Verlag, 2017.
- DWV Wasserstoff-Sicherheits-Kompendium, Wurster, DWV, 2011.
- Grundlagen der Gastechnik, Cerbe, Hanser Verlag, 2017.
- Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik, Klell, Springer Verlag, 2017.
- Explosionsgrenzen von Wasserstoff und Wasserstoff/Methan-Gemischen, Schröder, BAM, 2002.
- Handbook of Fuel Cells, Fuel Cell Technology and Applications, Vielstich, John Wiley & Sons, 2010.
- Hydrogen and Fuel Cells, Stolten, Wiley-VCH, 2010.

---

## Transferprojekt I

---

Die Teilnehmenden beherrschen die Anwendung der jeweils angemessenen Arbeitsmethoden, die sich an der konkreten Aufgabenstellung ausrichten. Sie sind in der Lage, Daten zu interpretieren und zu bewerten. Komplexe Inhalte können sie klar und zielgruppengerecht präsentieren und verteidigen, sowohl mündlich als auch schriftlich.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4515
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
<b>Studiensemester</b>	2
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Sommersemester, 3 Monate Bearbeitung / ggf. Blockwoche Auslandsmodul
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz und virtuelle Präsenz</b>	0 h (ggf. 30 – 40 h im Auslandsmodul)
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	130 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	20 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Elektromobilität
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch (ggf. Englisch im Auslandsmodul)
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Transferprojekt I (5 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	Individuell je nach Thema
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Projekt
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	Projektarbeit (PA; ca. 15-25 inhaltliche Seiten)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PA
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	nein
<b>Bemerkungen</b>	-

---

### **Lehrinhalte**

- Bearbeitung einer individuell festgelegten Aufgabenstellung aus dem thematischen Umfeld der Studieninhalte des Masterstudiengangs Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Die Ausarbeitung erfolgt zu Hause oder im Arbeitsumfeld.

Ggf. bieten wir als Alternative folgende Auswahlmöglichkeit an:

- Bearbeitung einer Aufgabenstellung im Rahmen einer Blockveranstaltung (z.B. Projektwoche) oder im Rahmen einer Auslandsstudienwoche. Die genauen Themen und Aufgabenstellungen werden zusammen mit unseren Kooperationspartnern (z.B. Partnerhochschulen) während der Vorbereitungsphase abgestimmt.

### **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Projekt aus der Praxis in einem von ihnen frei gewählten Themengebiet des Studiengangs Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie selbstständig zu bearbeiten. Sie können eine schriftliche Ausarbeitung nach wissenschaftlichen Grundsätzen erstellen und diese im Rahmen einer Präsentation verteidigen und in einem Kolloquium in einen breiteren fachlichen Zusammenhang einordnen. Sie sind fähig, sich in Aufgabenstellungen des Studiengebiets vertiefend einzuarbeiten, Probleme zu analysieren und Lösungskonzepte zu entwickeln. Sie sind fähig, eine schriftliche Ausarbeitung zu entwerfen, um die Ergebnisse sachgerecht darzustellen. Sie können diese im Rahmen eines Kolloquiums vorstellen und in einen breiteren fachlichen Zusammenhang einordnen. Die Teilnehmenden sind dabei in der Lage, ihr Thema schlüssig vorzutragen und auf Fragen kompetent zu antworten. Die Teilnehmenden können Probleme analysieren und lösen. Sie können gesammelte Daten bewerten und deren Relevanz sowie Plausibilität beurteilen.

### **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, eigenverantwortlich und termingerecht ein Projekt zu bearbeiten, indem sie komplexe Probleme analysieren, strukturieren und lösen können. Sie sind in der Lage, sich selbst zu organisieren und können Kritik annehmen und sich konstruktiv damit auseinandersetzen.

### **Literatur**

Individuelle Literatur entsprechend dem Themengebiet.

# Semester 3

---

## Systems Engineering

---

Die Teilnehmenden kennen die Begriffe des Systems Engineering und können den Nutzen beurteilen. Sie verstehen diverse domänenspezifische Sichten auf ein System. Die Teilnehmenden sind in der Lage, ein Projekt zu strukturieren und zu planen. Sie kennen die grundlegenden Begriffe und Methoden des Projektmanagements und können mit einem Projekt-Controller auf Augenhöhe diskutieren.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	HfSW Südwest
<b>Modulnummer</b>	4516
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr. Ralf Wörner
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz und virtuelle Präsenz</b>	48 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	66 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	36 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Elektromobilität
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundlagen der Mathematik
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Systems Engineering (3 ECTS) b) Projektmanagement (2 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	a) Prof. Dr. Thorsten Zenner b) Prof. Dr. Ralf Wörner
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	Hausarbeit mit Referat (HR; Hausarbeit 20-25 Seiten; Referat in der Gruppe, Dauer 15 Min.)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% HR (50% Hausarbeit, 50% Referat)
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	nein
<b>Bemerkungen</b>	-

---

## Lehrinhalt

### a) Systems Engineering

- Begriffe und Definitionen (System, technisches System, Mechatronisches System, Systemstruktur, Funktionsstruktur, Variabilität, Problemraum, Lösungsraum, ...)
- Vorgehensmodelle (Wasserfall-, V-, Spiralmodell, PEP)
- Systemkontext
- Systementwurf, Requirements Engineering, Systementwurf / Architekturphase, Systemdesign jeweils dokumentenbasiert und modellbasiert
- Fallstudien zur Veranschaulichung von Methoden und Werkzeugen

### b) Projektmanagement

- Projekt-Organisationsformen
- Projekt-Definition nach DIN
- Projektablauf / Phasenmodell
- Projektplanung (Termin-, Kosten-, Kapazitätsplanung)
- Netzplantechnik – Beispiel
- Termin-Kosten-Trade-offs
- Teambildung, Rolle des Projektleiters
- Projekt-Controlling, Projekte als Kostenträger
- Zielkostenmanagement (Target Costing)
- Projektmanagement-Tools
- Multiprojekt-Management
  - F&E-Projekt-Typen
  - Projekt-Portfolio
  - Integrierte Projekt-Programm-Planung

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden kennen die Begriffe und den Nutzen des Systems Engineering und verstehen diverse domänenspezifische Sichten auf ein System. Sie kennen die Vorgehensmodelle des Systems Engineering. Sie können System und Systemkontext abgrenzen, eine Systemstrukturierung durchführen, Systemarchitekturen entwickeln sowie Wirkzusammenhänge zwischen Systemelementen beschreiben und quantifizieren. Sie kennen den Unterschied zwischen Problemraum und Lösungsraum und können verschiedene Lösungsalternativen systematisch herleiten, bewerten und auswählen. Sie kennen Anforderungen, Anforderungstypen, Anforderungsquellen und den Begriff Traceability. Sie können Anforderungen erfassen, dokumentieren und auf verschiedenen Hierarchiestufen des Systems herunterbrechen (sowohl textbasiert als auch modellbasiert). Die Teilnehmenden haben ein Verständnis für Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung der verschiedenen Arbeitsschritte im Systems Engineering und kennen deren Grenzen.

Aufbauend auf den Kenntnissen eines Bachelorstudienganges wird das mathematische Grundlagenwissen anwendungsbezogen um Methoden der Projektschätzung und Netzplantechnik erweitert. Die Teilnehmenden sind in der Lage, (technische) Projekte von der Projektdefinition über den Projektantrag, die Projektplanung und die Projektsteuerung praxisbezogen zu managen. Sie können Methoden des Projektmanagements an Beispielen in Gruppenübungen anwenden. Dabei sind sie imstande, Formulare und Checklisten zur Umsetzung zu verwenden. Nach Abschluss des Moduls sind die Teilnehmenden in der Lage, Projekte zu leiten.

## Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden verstehen domänenspezifischen Vorgehensweisen und können mit Fachleuten anderer Disziplinen zusammenarbeiten.

Sie können ihr Wissen auf unterschiedlichen Gebieten unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer, wirtschaftlicher, rechtlicher, sozialer und ökologischer Erfordernisse verantwortungsbewusst anwenden und eigenverantwortlich vertiefen.

## Literatur

### a) Systems Engineering

- Haberfellner, R.: de Weck, O.: Systems Engineering, orell füssli Verlag, 2012.
- IncoSE Systems-Engineering Handbuch V. 3.2.2-de, GfSE-HB-001-01b, Ausgabe Februar 2013.
- Friedenthal, S.; Moore, A.; Steiner, R.: A Practical Guide to SysML, Morgan Kaufmann, 2015.
- Alt, O.: Modellbasierte Systementwicklung mit SysML, Hanser, 2012.
- Maier W. M.; Rechting, E.: The Art of Systems Architecting, CRC Press, 2009.
- Winzer, Petra: Generic Systems Engineering, Springer, 2013.
- Pohl, Klaus: Requirements Engineering, dpunkt.verlag, 2008.
- Ponn, J.; Lindemann, U.: Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte, Springer, 2008.
- Maurer, M; Winner, H.: Automotive Systems Engineering, Springer Verlag, 2013.
- Blanchard, B. S.; Fabrycky, W. J.: System Engineering and Analysis, Prentice Hall, 2011.

### b) Projektmanagement

- Skript zur Vorlesung
- Burghardt, M.: Projektmanagement, 1993, 2. Auflage.
- Felkai, R.; Beiderwieden, A.: Projektmanagement für technische Projekte, Wiesbaden, Vieweg + Teubner, 2010.
- Hering, E.: Projektmanagement für Ingenieure - Essentials, Springer-Vieweg, 2014.
- Jacoby, W.: Projektmanagement für Ingenieure, Springer-Vieweg, 2013, 2. Auflage.

---

## Fahrer und Fahrstrategien

---

Die Teilnehmenden verstehen die energetische Betriebsstrategie elektrifizierter Fahrzeuge. Insbesondere sind sie in der Lage, unterschiedliche Energiespeicher (insbes. chemische und elektrische Energie) oder unterschiedliche Systeme (Antrieb, Klimatisierung, Nebenaggregate) fahrprofilabhängig energetisch optimal zu priorisieren sowie Methoden zum vorausschauenden Energiemanagement anzuwenden. Sie verstehen außerdem die Klimatisierung von Speichersystemen und der Fahrgastzelle für Sommer- und Winterbetrieb und können Systemkomponenten im Gesamtfahrzeug numerisch und messtechnisch auslegen und absichern. Die Teilnehmenden können die neugewonnenen Freiheitsgrade zur Gestaltung von Anzeige und Bedienelementen, die die Elektrifizierung bietet, einordnen. Sie beherrschen außerdem die Methoden und Prozesselemente des benutzerzentrierten Entwurfs von Mensch-Maschine-Schnittstellen unter Berücksichtigung von Fragen der Kundenakzeptanz und der Wahrnehmung von Fahreigenschaften.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	HfSW Hochschulföderation Südwest
<b>Modulnummer</b>	4510
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr. Moritz Gretzschel
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz und virtuelle Präsenz</b>	42 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	58 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	50 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Elektromobilität
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Energetische Betriebsstrategien und Thermomanagement (3 ECTS) b) Usability Engineering (2 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	a) Prof. Dr. Moritz Gretzschel; Herr Roland Kleemann b) Herr Tobias Schneider
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung, Übung, Labor
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	a) Klausur (KL) 90 Min. b) Referat in der Gruppe (RE) 30 Min.

---

<b>Ermittlung der Modulnote</b>	60% KL, 40% RE
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	Ja
<b>Bemerkungen</b>	-

## Lehrinhalte

### a) Energetische Betriebsstrategie und Thermomanagement

- elektrische Fahrentscheidung, Zustand und Emissionierung
- Betriebsmodi, Gesetzliche Anforderungen und Typprüf-Vorschriften
- Energiemanagement (SOC, Klimatisierung, Thermomanagement) und energetische Vorausschau
- Aspekte des Wärmemanagements sowie Grundlagen der Thermodynamik
- Auslegung und Absicherung der Fahrzeugklimatisierung im Sommer und Winterbetrieb
- Speicher-Thermomanagement im Systemansatz sowie Kopplung von Wärmequellen und Senken.

### b) Usability Engineering

Vermittlung der Grundlagen von

- Usability
- mensch-zentrierter Gestaltung (User Centered Design)
- iterativen Designs
- User Experience Design
  - Nutzungskontextanalyse
  - Spezifikation und Modellierung
  - Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen
  - Prototyping
  - Evaluierung

## Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können Implementierungsmöglichkeiten energetischer Betriebsstrategie erklären und Gesamtwirkungsgrade bestimmen, um Wechselwirkungen zwischen Betriebsstrategie und Mensch-Maschine-Interface vorherzusagen und gegenüberzustellen.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Grundlagen des Wärmetransports zu erklären, den Klimakomfort klimaphysiologisch grundlegend zu bewerten sowie ansatzweise eine Wärmebilanz zu bilden.

Sie besitzen Grundlagenwissen im Bereich der menschenzentrierten Entwicklung von Mensch-Technik-Schnittstellen. Zudem können sie die theoretisch erworbenen neuen Fachkenntnisse in einem ersten praktischen Projekt anwenden und elaborieren. Die Teilnehmenden kennen verschiedene Methoden zur Kontextanalyse und Evaluation von Benutzungsschnittstellen und können deren Vor- und Nachteile einordnen.

## Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl im Team als auch selbstständig Probleme zu lösen, Ergebnisse zu diskutieren und zu interpretieren sowie sie zielgruppengerecht zu präsentieren.

## Literatur

### a) Energetische Betriebsstrategie und Thermomanagement

- Skript zur Vorlesung
- H. Wallentowitz, Strategie zur Elektifizierung des Antriebsstrangs
- A. Meroth, B. Tolg: Infotainmentsysteme im Kraftfahrzeug
- P. Schneiderman, C. Plaisant: Designing the User Interface
- A. Jossen, W. Weydanz: Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen
- H. Grossmann: PKW Klimatisierung

### b) Usability Engineering

- Präsentationen der Vorlesung
- Dahm, M. *Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion*. Pearson Studium, 1. Auflage, 2005, ISBN: 978-3827371751
- Heinecke, A. *Mensch-Computer-Interaktion*. Springer, 2. Auflage, 2012, ISBN: 978-3642135064.
- Shneiderman, B.; Plaisant, C. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Addison Wesley, 5. Auflage, 2013, ISBN: 978-1292023908.
- NORMAN, Don. *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic books, 2013.
- ANDERSON, Stephen P. *Seductive Interaction Design: Creating Playful, Fun, and Effective User Experiences, Portable Document*. Pearson Education, 2011.

---

## Wasserstoffwirtschaft

---

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Prozesskette einer Produktion, über die Distribution und die Anwendung von Wasserstoff als Energieträger, einzuordnen. Die Teilnehmer werden befähigt, systemische Analysen zum Vergleich unterschiedlicher konkurrierender Energieträger anzuwenden. Sie können daraus abgeleitete Anwendungen in stationären und mobilen Anlagen kritisch analysieren und die jeweils zielführenden Konzepte auswählen und integrieren. Die Teilnehmenden können Anwendungen nach Märkten, legislativen Randbedingungen und abgeleiteten Geschäftsmodellen analysieren und so genannten Business-Cases ausarbeiten.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff/Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4524
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr. Ralf Wörner
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz oder virtuelle Präsenz</b>	30 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	100 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	20 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	-
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Grundkenntnisse in Allgemeiner und Physikalischer Chemie, Kenntnisse in Thermodynamik und Physik.
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Wasserstoff-Anwendungen über die Prozesskette b) Geschäftsmodelle i. d. Wasserstoffwirtschaft
<b>Lehrende/r</b>	a) Prof. Dr. Ralf Wörner b) Dr. Oliver Ehret
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Vorlesung (3CP), Seminar (2CP)
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	Referat (RE, mindestens 30 Min.)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% RE
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-

---

<b>Zertifikatskurs</b>	-
<b>Bemerkungen</b>	-

### Lehrinhalte

- Übersicht und Einführung in Wasserstoff als Energieträger
- Charakterisierung der Verfahren und Prozesse zur Erzeugung, Transport, Lagerung und Wandelung des Energieträgers Wasserstoff
- Beschreibung von Energiewandlern zur Nutzung von Wasserstoff als Energieträger in stationären als auch mobilen Anwendungen
- Bilanzierung und Vergleich mittels Well-to-Wheel sowie Cradle-to-Grave-Methodik
- Kalkulation und Wirtschaftlichkeitsanalyse nach TCO und LCC-Methodik

### Fachkompetenz

Aufbauend auf Wissen zur Technik des Wasserstoffs sowie zur Technik der Brennstoffzelle können die Teilnehmenden die Prozesskette der Herstellung, des Transports, der Speicherung sowie die Wandelung des Energieträgers beurteilen. Sie sind in der Lage, die betrachteten Prozesse und Verfahren unter Anwendung der Bilanzierungsmethoden WtW / LCA hinsichtlich der Nachhaltigkeit einzuordnen. Die Teilnehmenden können durch die Vermittlung von Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse (TCO, LCC) Gestaltung von Geschäftsmodellen in der Wasserstoffwirtschaft analysieren.

### Überfachliche Kompetenzen

Die Teilnehmenden stärken durch gemeinsames Problemlösen und Argumentieren die Sozialkompetenz. Sie erhöhen durch das Lösen von realitätsnahen Problemstellungen ihre Selbstständigkeit.

### Literatur

- Energiespeicher Bedarf Technologien Integration, Sterner, Springer Verlag, 2017.
- Energiespeicher, Stadler, Springer Verlag, 2014.
- Energietechnologien der Zukunft, Weitschel, Springer Verlag, 2015.
- Ganzheitliche Bilanzierung, Eyerer, Springer Verlag, 1995.
- Handbook on Life Cycle Assessment, Guinee Kluwer, Academic Publishers, 2008.
- Interdisziplinäre Aspekte der Energiewirtschaft, Weiszäcker, Springer Verlag, 2016.
- Nachhaltige Energieversorgung und Integration von Speichern, Schulz, Springer 2015.
- Ökobilanzen, Eine Einführung, Klöpfer, Wiley Verlag, 2009.
- Rechtliche Rahmenbedingungen der Energiewende, Thomas, Springer, 2017.
- Wasserstoff und Brennstoffzelle, Töpler, Springer Verlag, 2017.
- Fuel Cells and Hydrogen Production, Lipman, Springer Verlag, 2019.

---

## Transferprojekt II

---

Die Teilnehmenden beherrschen die Anwendung der jeweils angemessenen Arbeitsmethoden, die sich an der konkreten Aufgabenstellung ausrichten. Sie sind in der Lage, Daten zu interpretieren und zu bewerten. Komplexe Inhalte können sie klar und zielgruppengerecht präsentieren und verteidigen, sowohl mündlich als auch schriftlich. Sie können eigenständig eine wissenschaftliche Arbeit anfertigen, ihr Thema schlüssig vortragen und Fragen kompetent beantworten.

---

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	Hochschulföderation SüdWest
<b>Modulnummer</b>	4517
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
<b>Studiensemester</b>	3
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Wintersemester
<b>Credits</b>	5
<b>Workload Präsenz und virtuelle Präsenz</b>	0 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	130 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	20 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Elektromobilität
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	Transferprojekt II (5 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	Individuell je nach Thema
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Projekt
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	Projektarbeit (PA; ca. 15-25 inhaltliche Seiten)
<b>Ermittlung der Modulnote</b>	100% PA
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	-
<b>Zertifikatskurs</b>	-
<b>Bemerkungen</b>	-

---

**Lehrinhalte**

Individuell aus dem thematischen Umfeld der Studieninhalte des Masterstudiengangs Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie.

**Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Projekt aus der Praxis in einem von ihnen frei gewählten Themengebiet des Studiengangs Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie selbstständig zu bearbeiten. Sie können eine schriftliche Ausarbeitung nach wissenschaftlichen Grundsätzen erstellen und diese im Rahmen einer Präsentation verteidigen und in einem Kolloquium in einen breiteren fachlichen Zusammenhang einordnen. Sie sind fähig, sich in Aufgabenstellungen des Studiengebiets vertiefend einzuarbeiten, Probleme zu analysieren und Lösungskonzepte zu entwickeln. Sie sind fähig, eine schriftliche Ausarbeitung zu entwerfen, um die Ergebnisse sachgerecht darzustellen. Sie können diese im Rahmen eines Kolloquiums vorstellen und in einen breiteren fachlichen Zusammenhang einordnen. Die Teilnehmenden sind dabei in der Lage, ihr Thema schlüssig vorzutragen und auf Fragen kompetent zu antworten. Die Teilnehmenden können Probleme analysieren und lösen. Sie können gesammelte Daten bewerten und deren Relevanz sowie Plausibilität beurteilen.

**Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, eigenverantwortlich und termingerecht ein Projekt zu bearbeiten, indem sie komplexe Probleme analysieren, strukturieren und lösen können. Sie sind in der Lage, sich selbst zu organisieren und können Kritik annehmen und sich konstruktiv damit auseinandersetzen.

**Literatur**

Individuelle Literatur entsprechend dem Themengebiet.

# Semester 4

---

## Mastermodul

---

Die Teilnehmenden verstehen die Verbindung zwischen Wissenschaft und Praxis und können unter Verwendung der jeweils angemessenen Methoden innerhalb einer vorgegebenen Frist selbstständig eine Fragestellung aus dem Aufgabengebiet bearbeiten, Daten interpretieren und bewerten und die Ergebnisse sachgerecht darstellen. Sie können komplexe fachbezogene Inhalte präsentieren und verteidigen, sowohl mündlich als auch schriftlich. Sie sind fähig, effiziente Arbeitstechniken zu entwickeln.

<b>Studienangebot</b>	Master Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (berufsbegleitend)
	HfSW Hochschulföderation Südwest
<b>Modulnummer</b>	4518
<b>SPO-Version</b>	1.1
<b>Modulart</b>	Pflichtmodul
<b>Modulverantwortlicher</b>	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
<b>Studiensemester</b>	4
<b>Angebotshäufigkeit/ Dauer des Moduls</b>	Sommersemester
<b>Credits</b>	25
<b>Workload Präsenz und virtuelle Präsenz</b>	6 h
<b>Workload geleitetes E-Learning</b>	0 h
<b>Workload Selbststudium</b>	694 h
<b>Workload Prüfungsvorbereitung und Prüfungsdurchführung</b>	50 h
<b>Verwendung in anderen Studienangeboten</b>	Master Elektromobilität
<b>Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul</b>	Alle anderen Pflichtmodule des Curriculums müssen erfolgreich abgeschlossen sein.
<b>Sprache</b>	Deutsch oder Englisch
<b>Enthaltene Lehrveranstaltungen</b>	a) Forschungsmethoden (2 ECTS) b) Masterarbeit (20 ECTS) c) Kolloquium zur Masterarbeit (3 ECTS)
<b>Lehrende/r</b>	a) Dr. Andreas Häger b) und c) Individuell je nach Thema
<b>Art der Lehrveranstaltung</b>	Masterarbeit
<b>Art und Dauer des Leistungsnachweises/ Voraussetzungen für die Vergabe von ECTS-Punkten</b>	a) Proposal (ST), ca. 2-3 Seiten b) Abhandlung (BE), Umfang hängt stark von der Aufgabenstellung und dem Arbeitsprodukt ab, Richtwert ca. 60-100 inhaltliche Seiten c) Referat (RE) und Mündliche Prüfung (MP) 30 Min.

<b>Ermittlung der Modulnote</b>	Masterarbeit und Kolloquium entsprechend gewichtet nach ECTS-Verteilung  Forschungsmethoden unbenotet (muss bestanden sein)
<b>Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung</b>	Der Teilnehmende reicht zusammen mit der Anmeldung eine Kurzfassung (Proposal, Umfang 2-3 Seiten) des Themas ein.
<b>Zertifikatskurs</b>	Nein
<b>Bemerkungen</b>	Die Präsentation von 30 Minuten umfasst zumindest die Problembeschreibung/ Fragestellung der Arbeit, die theoretischen Bezüge, die eingesetzten Methoden sowie die zentralen Ergebnisse.

### **Lehrinhalte**

Individuell aus dem thematischen Umfeld der Studieninhalte des Masterstudiengangs Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie.

### **Fachkompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist und unter Begleitung des betreuenden Professors eine fachspezifische, anwendungsbezogene Aufgabenstellung selbstständig unter Verwendung wissenschaftlicher Methoden zu bearbeiten. Dabei können sie die im Masterstudium erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen anwenden und in fachspezifischen Aufgabenstellungen des Studiengebiets der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie herausstellen. Sie sind fähig, eine schriftliche Ausarbeitung zu entwerfen, um die Forschungsergebnisse sachgerecht darzustellen. Sie können diese im Rahmen eines Kolloquiums vorstellen und in einen breiteren fachlichen Zusammenhang einordnen. Die Teilnehmenden sind dabei in der Lage, ihr Thema schlüssig vorzutragen und auf Fragen kompetent zu antworten. Die Teilnehmenden können Probleme analysieren und lösen. Sie können gesammelte Daten bewerten und deren Relevanz sowie Plausibilität beurteilen.

### **Überfachliche Kompetenz**

Die Teilnehmenden sind in der Lage, eigenverantwortlich und termingerecht ein Projekt zu bearbeiten, indem sie komplexe Probleme analysieren, strukturieren und lösen können. Dies erfolgt im Rahmen einer praxisrelevanten Fragestellung. Die Teilnehmenden sind fähig, sich selbstständig zu organisieren, indem sie in angemessener Weise Prioritäten setzen und den Belastungen während des Moduls standhalten. Sie können Kritik annehmen und sich konstruktiv damit auseinandersetzen.

### **Literatur**

Individuelle Literatur entsprechend dem Themengebiet