



Modulhandbuch Elektromobilität

Fakultät Elektrotechnik und Medientechnik

Prüfungsordnung 14.03.2023

Stand: So. 01.10.2023 11:54

.....	1
.....	1
• MEM-01 Antriebstechniken	4
• MEM-02 Wissenschaftliches Arbeiten und Requirement Engineering	7
• MEM-03 Elektrifizierung der unterschiedlichen Verkehrsbereiche	11
• MEM-04 Modell-Based Requirement Management und Hardware Design	15
• MEM-05 Brennstoffzellentechnologie	18
• MEM-06 Batterien und Superkondensatoren für Fortgeschrittene	22
• MEM-07 Moderne Methoden der Regelungstechnik	25
• MEM-08 Ladesäulen und Lademanagement	27
• MEM-09 Modellbildung und Simulation mobiler Systeme	30
• MEM-10 Elektromagnetische Simulation (FEM)	33
• MEM-11 Modellbasierter Reglerentwurf und Absicherung (CPU und FPGA)	37
• MEM-12 Fachspezifisches Wahlpflichtfach 1	41
• MEM-13 Leistungselektronik in Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen	43
• MEM-14 Fachspezifisches Wahlpflichtfach 2	47
• MEM-15 Elektrochemische Energiespeicher im praktischen Einsatz	49
• MEM-16 Thermomanagement	52
• MEM-17 Gesellschaftliche Herausforderungen der Elektromobilität & Zuverlässigkeit, Wartbarkeit, Nachhaltigkeit 55	
• MEM-18 Mastermodul	59
▶ MEM 3102 Masterarbeit	60
▶ MEM 3103 Masterseminar	61





MEM-01 ANTRIEBSTECHNIKEN

Modul Nr.	MEM-01
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Denk
Kursnummer und Kursname	MEM 1101 Antriebstechniken
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die Antriebssysteme im Mobilitätssektor erfahren durch den Trend der Dekarbonisierung einen starken Wandel. Elektrische Maschinen, wie sie schon seit Jahrzehnten im industriellen Bereich genutzt werden, stehen nun im Fokus der Automotive Antriebssysteme mit neuen großen Herausforderungen hinsichtlich einem robusten und kostengünstigen Konzeptansatz zur Integration ins Fahrzeug.

Fachkompetenz

- o Historische Aufarbeitung und somit die Erklärung des Standes der Technik von Elektrischen Maschinen.
- o Verständnis in der technischen Entwicklung von Kraftfahrzeugen mit Elektromotor sowie deren Zusammenhang mit den weltweit unterschiedlichen Schadstoffemissionsverordnungen welche das Nutzen und den Einsatz alternativer Antriebssysteme erklärt.
- o Es werden die physikalischen Grundlagen der elektrischen/magnetischen Antriebssysteme erläutert.
- o Die E-Motor Ansteuerkonzepte und deren technische Lösungen werden dargestellt und untersucht - Betriebspunktoptimierung.
- o Daraus abgeleitet gibt es einen Ausblick auf das Thema Requirement Engineering.



- o Verständnis in der regelungstechnischen Auslegung des Antriebssystems.
- o Verständnis in das Antriebsstrangmanagements.
- o Daraus abgeleitet Basis in der Modellierung und Simulation des Antriebsprüfstandes
- o Diagnosesystem werden abgeleitet

Methodenkompetenz

- o Es wird aufgezeigt das Requirements/Anforderungen an das Antriebssystem methodisch zu Lösungen im Bereich der Domänen Hardware, Software und Mechanik führen.
- o Es werden systematisch durch Requirement Engineering die Methodiken der Systemlösungen durch die Bildung von Unterlösungen im Technologiebereich Hardware/Elektronik, Software und Mechanik erlernt.
- o Daraus werden für die Teilnehmer die unterschiedlichen Variationsmöglichkeiten von Systemlösungen sichtbar.
- o Im Rahmen des Hintergrunds von Serienlösungsrealisierungen werden die notwendige Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen hinzu gezogen.

Personale Kompetenz

- o Die Thematisierung der Planung und Projektierung von Antriebssystemen führt technisch und wirtschaftlich zum Projektmanagement welches durch die Methodik zum grundlegenden Verständnis der Notwendigkeit eines Projektteams führt
- o Es wird somit die Wahrnehmung einer personellen Projektstruktur und die Identifikation der einzelnen Projektmitarbeiter aufgezeigt.
- o Die Teilnehmer erkennen durch die Methodik die Notwendigkeit eines Projektteams mit unterschiedlichen Rollenzuweisungen um gemeinsam eine Serienlösung zu erarbeiten.
- o Die Möglichkeit der Wahrnehmung der eigenen "richtigen" Rollenzuweisung als Projektmitarbeiter wird dem Einzelnen ermöglicht.

Soziale Kompetenz

- o Technische Probleme und deren Lösung durch "Teambildung" werden aufgezeigt.
- o Die Identifikation mit dem Projektteam und deren Nutzen für das Projekt werden gefördert.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen



Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Innerhalb des Studiengangs sind technologische Abhängigkeiten hinsichtlich dem Ansteuerkonzept und der Energieversorgung der Maschine gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen:

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der Systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Elektro- und Hybridfahrzeugen aufweisen.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

keine

Inhalt

- o Auslegung des el. Antriebs durch Fahrzeuganforderungen
- o Theorie der Magnetkräfte, Lorentzkraft, Reluktanzkraft, Kraft auf stromdurchflossenen Leiter, Kraft durch Permanentmagnete
- o Grundlagen DC/AC-Motoren, 3-Phasenkonzepte, Synchron, Asynchron, Reluktanz, Transversalfluss, Brushless DC, Konzepte und Serienlösungen im Kfz-Bereich, Wirkungsgradgrenzen
- o Getriebe, Theorie und Drehmoment/Leistungsverteilung
- o Elektronische Ansteuerkonzepte, Umrichter, Raumzeigermodulation
- o Möglichkeiten der überlagerten Antriebsregelungskreise
- o Diagnosesysteme
- o Simulationsmodelle, Betriebspunktoptimierung / Modulationsoptimierung

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit

Empfohlene Literaturliste

- o Dirk Schröder: Elektrische Antriebe Grundlagen, Springer, 2013
- o Nguyen Phung Quang Dr. & Jörg-Andreas Dittrich Dr.: Principles of vector orientation and vector orientated control structures for systems using three-phase AC machines, Springer, 2008
- o Helmut Tschöke, Peter Gutzmer, Thomas Pfund: Elektrifizierung des Antriebsstrangs, Springer, 2019
- o Johannes Teigelkötter: Energieeffiziente elektrische Antriebe, Springer, 2013



MEM-02 WISSENSCHAFTLICHES ARBEITEN UND REQUIREMENT ENGINEERING

Modul Nr.	MEM-02
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Denk
Kursnummer und Kursname	MEM 1102 Wissenschaftliches Arbeiten und Requirement Engineering
Lehrende	Prof. Dr. Frank Denk
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	Portfolio
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Das Studium der Elektromobilität kennzeichnet sich hinsichtlich den wissenschaftlichen und ingenieurgemäßen Arbeitsansatz durch die Notwendigkeit eines Dokumentations- und Präsentationsmanagement aus. Dies führt zu tiefgreifender Kompetenzausbildung.

Fachkompetenz

- o Die Aufarbeitung wird im akademischen Kontext der Erstellung und der Analyse wissenschaftlicher Arbeiten, speziell im Bereich der Patentanalyse und dem Peer Review betrachtet.
- o Im industriellen, elektromobilen Automotive Kontext wird das Anforderungsmanagement und deren Umsetzung das Anforderungs Engineering in den Fokus gesetzt.
- o Die Denkweise in Lastenheft und Pflichtenheft wird anhand von Beispielen umgesetzt.
- o Die sich ergebenden Lösungskonzepte werden ausgehend von der Systemebene durch Balancing in unterschiedliche Lösungsansätze des Bereiches Elektronik, Software und Mechanik umgesetzt.



- o Einblick in die Prozess welt und detaillierte Betrachtung des System V-Zyklus.
- o Verständnis in den unterschiedlichen Produktentwicklungsstadien.

Methodenkompetenz

- o Wissenschaftliche Aufarbeitung bestehender Informationen, Hintergrunderkenntnisse und Untersuchungen.
- o Entwicklung von Präsentationstechniken.
- o Plagiatsthemen behandeln.
- o Darstellung von Prozessabläufen und deren Nutzen.
- o Stakeholder erkennen und systematisch einarbeiten

Personale Kompetenz

- o Die Teilnehmer erkennen durch die Methodik der Quellenanalysen die Schwerpunktsausarbeitung und deren akademische Darstellung.
- o Es werden durch die individuellen Vorträge Zeitmanagement und Detailtiefe erlernt.
- o Die Requirement Engineering Resultate ermöglichen der Wahrnehmung der eigenen "richtigen" späteren Rollenzuweisung als Projektmitarbeiter in einem Systemprojekt.

Soziale Kompetenz

- o Technische Probleme und deren Lösung durch "Teambildung" werden aufgezeigt.
- o Die Identifikation mit dem Projektteam und deren Nutzen für das Projekt werden gefördert.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen:

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der Systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Elektro- und Hybridfahrzeugen aufweisen.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen



- o Grundverständnis der Handlungs- und Entscheidungsmechanismen technischen Projekten
- o Kenntnisse der Komponenten in Elektrofahrzeugen
- o Grundlagen der Elektrotechnik und Chemie

Inhalt

- o Einführung
- o Abfassung einer wissenschaftlichen Arbeit
- o Wissenschaftliches Arbeiten und Recherchieren
- o Zitieren
- o Präsentieren und Vortragen
- o Patentanalysen
- o Peer Reviews
- o Grundlagen Automotive Requirement Engineering
- o Systementwurf und Analyse
- o Spezifikation und System Design/Modellierung
- o Implementierung und Integration
- o Vorgehensmodelle
- o Gesamtprozess und Dokumentationstechniken

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit, Einzelvorträge

Portfolioprüfung (Mündliche Präsentation eines individuell gewählten Modulthemas 30% Anteil an der Gesamtnote, schriftliche Prüfung zum Ende des Semesters 70% Anteil an der Gesamtnote)

Dauer der schriftlichen Prüfung am Ende des Semesters 90 min, bei dem individuellen Vortrag während des Semesters Dauer 30 min (20 min Vortrag + 10 min Fragen, Diskussion)

Empfohlene Literaturliste



- o Matthias Karmasin, Rainer Ribing; Die Gestaltung wissenschaftlicher Arbeiten; Facultas Verlags- und Buchhandels AG, 2006
- o Monika Oertner, Ilona St. John, Gabriele Thelen; Wissenschaftlich Schreiben; Wilhelm Fink, Paderborn, 2014
- o J. Matthias Starck; Peer Review für wissenschaftliche Fachjournale; Springer Spektrum, 2018
- o Jörg Schäuffele, Thomas Zurawka; Automotive Software Engineering; Springer Vieweg, 2016
- o Hans-Leo Ross; Funktionale Sicherheit im Automobil; Hanser Verlag, 2014



MEM-03 ELEKTRIFIZIERUNG DER UNTERSCHIEDLICHEN VERKEHRSBEREICHE

Modul Nr.	MEM-03
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Otto Kreuzer
Kursnummer und Kursname	MEM 1103 Elektrifizierung der unterschiedlichen Verkehrsbereiche
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	Portfolio
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Im Gegensatz zur Elektrifizierung eines konkreten Fahrzeugs oder Transportmittels umfasst die Elektrifizierung eines Verkehrsbereichs (Verkehrssektors) eine Reihe von zusammenwirkenden Systemkomponenten, wie Energieerzeugung und Verteilung (Netze), lokale Speicher, Ladeinfrastruktur sowie das Fahrzeug bzw. Verkehrsmittel als solches. Für die Gestaltung und Bewertung des Gesamtsystems sind ebenfalls weitere Aspekte in Betracht zu ziehen, die mehr als nur die technischen Merkmale des einzelnen Fahrzeugs umfassen. Dazu zählen z. B. Gesamtenergiemengen, zeitliche Bereitstellungsszenarien, Nutzungsverhalten der Anwender, übergreifende gesetzliche Regelungen und vieles mehr.

Nach Absolvieren des Moduls Elektrifizierung der unterschiedlichen Verkehrsbereiche haben die Studierenden folgende Lernziele erreicht:

- o Erarbeitung eines Überblicks über die generelle Auslegung des Elektrifizierungssystems für einzelne Verkehrssektoren (Straße, Wasser, Luft)
- o Kenntnis über das Zusammenwirken von Systemkomponenten
- o Erarbeitung von Kriterien der Umsetzbarkeit der Elektrifizierung eines konkreten Verkehrssektors



- o Einblick in möglich Simulationsansätze zur virtuellen Untersuchung eines Verkehrssystems

Fachkompetenz

- o Erkennen relevanter Auslegungs- bzw. Gestaltungskriterien eines Elektrifizierungssystems
- o Verstehen der Systemkomponenten eines Elektrifizierungssystems und deren Zusammenwirken
- o Ermittlung (Analyse) von relevanten Kriterien für den

Methodenkompetenz

- o Zusammenführen gewonnener Erkenntnisse in einen Systemaufbau
- o Anwenden von geeigneten Modellierungs- und Simulationsmethoden auf die Untersuchung von Verkehrssystemen

Personale Kompetenz

Die Studierenden

- o setzen sich mit wissenschaftlichen Texten zu fachlichen Themen auseinander
- o führen Gruppen- und Einzelarbeiten mit dem Ziel der Kurzpräsentation im Plenum durch

Soziale Kompetenz

Die Studierenden

- o verfügen über Diskussionsvermögen, Teamfähigkeit und Kritikfähigkeit
- o sind in der Lage ihre Stärken in den Entwicklungsprozess einzubringen

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der Systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Elektro- und Hybridfahrzeugen aufweisen

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen



- o Fundierte Kenntnisse in den Grundlagen der Elektrotechnik
- o Gute Kenntnisse in physikalischen Zusammenhängen
- o Grundlagen der Batteriechemie und der Funktionsweise von Brennstoffzellen

Inhalt

1. Einführung und Grundlagen

- o 1.1 Einordnung / Abgrenzung der Vorlesung / Vorlesungsziele
- o 1.2 Die einzelnen Verkehrsbereiche bzw. Verkehrssektoren
- o 1.3 Grundmerkmale eines elektrifizierten Verkehrssystems
- o 1.4 Formelzeichen, Symbole, Umrechnungen

2. Elektrische Bahnen: das klassische elektrische Verkehrssystem

- o 2.1 Elektrischer Aufbau eines elektrisch angetriebenen Schienenfahrzeugs
- o 2.2 Bahnstromnetz(e)
- o 2.3 Lessons learned

3. Elektrifizierung im Verkehrssektor Straße

- o 3.1 Zahlen, Daten, Fakten
- o 3.2 Anforderungen für verschiedene Anwendungsfälle
- o 3.3 Aufbau des elektrischen Antriebsstrangs

4. Elektrifizierung im Verkehrssektor - Schifffahrt

- o 4.1 Zahlen, Daten, Fakten
- o 4.2 Anforderungen für verschiedene Anwendungsfälle
- o 4.3 Aufbau des elektrischen Antriebsstrangs

5. Elektrifizierung im Verkehrssektor - Luftfahrt

- o 5.1 Zahlen, Daten, Fakten
- o 5.2 Anforderungen für verschiedene Anwendungsfälle
- o 5.3 Aufbau des elektrischen Antriebsstrangs

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit



Portfolioprüfung (schriftliche Ausarbeitung eines individuellen Seminarthemas 70%,
mündliche Präsentation der Ergebnisse des Seminarthemas 30% Anteil an der
Gesamtnote)

Empfohlene Literaturliste

- o Karle A.: Elektromobilität: Grundlagen und Praxis, Carl Hanser Verlag GmbH & Company KG, 1. Auflage 2022
- o Schulze O.: Elektromobilität ein Ratgeber für Entscheider, Errichter, Betreiber und Nutzer, Springer Fachmedien Wiesbaden, 1. Auflage 2022
- o Rößinger M.: Die Wasserstoff-Wende: So funktioniert die Energie der Zukunft, Edition Körber, 1. Auflage 2022



MEM-04 MODELL-BASED REQUIREMENT MANAGEMENT UND HARDWARE DESIGN

Modul Nr.	MEM-04
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Denk
Kursnummer und Kursname	MEM 1104 Modell-Based Requirement Management und Hardware Design
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Der technologische Wandel in der Automobilindustrie erfordert ein hohes Maß an Systemverständnis. Der hohe Grad an Komplexität erzwingt die Nutzung von Architekturmodellen und Requirement Engineering Prozessen.

Fachkompetenz

- o Im industriellen Automotive-Kontext wird das Anforderungsmanagement und dessen Umsetzung in das Anforderungs Engineering in den Fokus gesetzt.
- o Die Themen Safety und Security werden ausgehend von der Systemebene her für die Automotive Elektronik in Einklang gebracht.
- o Der Umgang mit Lastenheft und Pflichtenheft wird anhand von Beispielen erlernt.
- o Die sich ergebenden Lösungskonzepte werden unter Berücksichtigung des Balancing in die Domäne Elektronik umgesetzt.
- o Die nach V-Zyklus sich für die Elektronikentwicklung ergebenden Entwicklungsschritte werden ausgearbeitet.
- o Verständnis in den unterschiedlichen Produktentwicklungsstadien.



Methodenkompetenz

- o Analysekompetenz komplexer elektromobiler Gesamtsysteme.
- o Aufteilung des Gesamtsystems in seine Subsystemkomponenten.
- o Methodisches "Balancieren" der Lösung durch Realisierung in den Domänen Mechanik, Elektronik und Software.

Personale Kompetenz

- o Die Teilnehmer erkennen durch die Methodik der Quellenanalysen die Schwerpunktsausarbeitung und deren akademische Darstellung.
- o Es werden durch die individuellen Vorträge Zeitmanagement und Detailtiefe erlernt.
- o Die Requirement Engineering Resultate ermöglichen der Wahrnehmung der eigenen "richtigen" späteren Rollenzuweisung als Projektmitarbeiter in einem Systemprojekt.

Soziale Kompetenz

- o Technische Probleme und deren Lösung durch "Teambildung" werden aufgezeigt.
- o Die Identifikation mit dem Projektteam und deren Nutzen für das Projekt werden gefördert.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen:

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Elektro- und Hybridfahrzeugen aufweisen.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

- o Grundverständnis von technischen Problemlösungsstrategien
- o Kenntnisse der Komponenten in Elektrofahrzeugen
- o Grundlagen in Matlab/Simulink

Inhalt



- o Einführung/Motivation
- o Grundlagen Requirement Management
- o Automotive Rahmenbedingungen Lasten/Pflichtenheft
- o HW/SW/System Requirements
- o Balancing der Lösung und V-Zyklus
- o Testen
- o Anforderungsbeispiel Spannungsüberwachung
- o Tools
- o Diagnose und Lebensdauer
- o Modellbasierte Entwicklung mit Matlab
- o Beispiel der EMot-Ansteuerung

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit

Empfohlene Literaturliste

Konrad Reif: Bosch Autoelektrik und Autoelektronik; Vieweg+Teubner Verlag, 2016

Jörg Schäuuffele, Thomas Zurawka: Automotive Software Engineering; Springer Vieweg, 2016

Hans-Leo Ross: Funktionale Sicherheit im Automobil; Hanser Verlag, 2014



MEM-05 BRENNSTOFFZELLENTechnologie

Modul Nr.	MEM-05
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Denk
Kursnummer und Kursname	MEM 2101 Brennstoffzellentechnologie MEM 2102 Praktikum Brennstoffzelle
Lehrende	Prof. Dr. Frank Denk
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	PrB (Praktikumsbericht), schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die aktuelle Energielage erscheint in einem neuen Bild wie der Dekarbonisierung und Wasserstoffwirtschaft. Im Kontext der Fokussierung nach notwendigen alternativen Antrieben und somit der Abkehr von der reinen Nutzung fossiler Brennstoffe bei gleichzeitig weltweit steigender Mobilität der Menschen ergeben sich völlig neue Ansätze wie das Brennstoffzellenfahrzeug.

Fachkompetenz

- o Verständnis in der technischen Entwicklung von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor und/oder Elektromotor sowie deren Zusammenhang mit den weltweit unterschiedlichen Schadstoffemissionsverordnungen welche das Nutzen und den Einsatz alternativer Antriebssysteme erklärt.
- o Vertieftes Verständnis im Aufbau der aktuellen Brennstoffzellentechnologien.
- o Weitere Anwendung der Lösung mobile Brennstoffzelle im Elektrofahrzeug.
- o Verständnis des Antriebsstrangmanagements

Methodenkompetenz



- o Es werden systematisch durch Requirement Engineering die Methodiken der Systemlösungen durch die Bildung von Unterlösungen im Technologiebereich Hardware/Elektronik, Software und Mechanik erlernt.
- o Daraus werden für die Teilnehmer die unterschiedlichen Variationsmöglichkeiten von Systemlösungen sichtbar.
- o Erweitert werden die theoretischen Grundlagen durch ein Praktikum bei dem eine spezielle Brennstoffzelle verwendet wird und der benötigte Wasserstoff mit Hilfe regenerativer Energie selbst erzeugt wird.
- o Im Rahmen des Hintergrunds von Serienlösungsrealisierungen werden notwendige Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen realisiert.

Personale Kompetenz

- o Die Teilnehmer erkennen durch die Methodik die Notwendigkeit eines Projektteams mit unterschiedlichen Rollenzuweisungen um gemeinsam eine Serienlösung zu erarbeiten.
- o Die Möglichkeit der Wahrnehmung der eigenen "richtigen" Rollenzuweisung als Projektmitarbeiter wird dem Einzelnen ermöglicht.

Soziale Kompetenz

- o Technische Probleme und deren Lösung durch "Teambildung" werden aufgezeigt.
- o Die Identifikation mit dem Projektteam und deren Nutzen für das Projekt werden gefördert.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen:

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der Systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Elektro- und Hybridfahrzeugen aufweisen.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Grundlagen im Chemieunterricht, wie die Herstellung und der Nachweis von Wasserstoff, erleichtern den theoretischen Einstieg.

Inhalt

Wasserstofftechnik Vorlesung



- o Technologische Entwicklungen von Brennstoffzellenfahrzeugen.
- o Grundlagen der Hydrolyse.
- o Die aktuellen elektrochemischen Hydrolysesysteme.
- o Die Chemie der kalten Verbrennung von Wasserstoff.
- o Die aktuellen Brennstoffzellensysteme.
- o Die PEFC als reversibles System im Elektrofahrzeug.
- o Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes in Kraftfahrzeugen
- o Technische Umsetzung beim Einsatz in Kraftfahrzeugen.

Wasserstofftechnik Praktikum

- o Kennlinien der Solarzelle
- o Kennlinien der Solarzelle - Parallel- und Reihenschaltung
- o Kennlinien des Elektrolyseurs
- o Elektrolyseur - Avogadro Konstante und Faraday Wirkungsgrad
- o Kennlinie der BZ
- o Kennlinie der BZ - Katalysatorbelag - Gaszufuhr
- o Kennlinie der BZ - Parallel- und Reihenschaltung
- o Kennlinie der MBZ
- o Kennlinie der MBZ - Konzentration
- o Kennlinie der MBZ - Parallel- und Reihenschaltung
- o Wirkungsgrad Elektrolyseur - Brennstoffzelle
- o Brennstoffzelle Faraday und Energiewirkungsgrad
- o Brennstoffzelle Einfluss Systemwiderstand

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht und Kleinprojektarbeit im Praktikum

Empfohlene Literaturliste

Thomas Schmidt: Wasserstofftechnik, Grundlagen, Systeme, Anwendung, Wirtschaft, Hanser Verlag, 2022



Wasserstoff und Brennstoffzelle - Technologien und Marktperspektiven, Johannes Töpler, Jochen Lehmann, Springer Vieweg, Berlin [u.a.], 2014

Anton Karle: Elektromobilität Grundlagen und Praxis, 3. Akt. Auflage, Hanser Verlag, 2018.

Gottfried Heinrich Bauer: Photovoltaik Physikalische Grundlagen und Konzepte, Springer Verlag, 2023

Peter Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, Grundlagen, Materialien, Anwendungen, Gaserzeugung, Springer, 2016



MEM-06 BATTERIEN UND SUPERKONDENSATOREN FÜR FORTGESCHRITTENE

Modul Nr.	MEM-06
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Sternad
Kursnummer und Kursname	MEM 2103 Batterien und Superkondensatoren für Fortgeschrittene
Lehrende	Prof. Dr. Michael Sternad
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die Transformation vom Verbrennungsmotor zum Elektroantrieb erfordert elektrochemische Energiespeicher mit möglichst hoher Energie- und Leistungsdichte zu möglichst geringen Kosten. Die Studierenden sollen im Rahmen des Moduls "Batterien und Superkondensatoren für Fortgeschrittene" in aktuelle Technologien und Forschungsansätze auf dem Gebiet der z.B. Lithium-Ionen-Batterien eingeführt werden.

Fachkompetenz

- o Verständnis des Aufbaues, der Funktion und der Materialien in elektrochemischen Energiespeichern (Batterien)
- o Vertieftes Verständnis in die Funktionsweise und die Besonderheiten von aktuellen Technologien wie Lithium-Ionen-Batterien
- o Anwendung grundlegender elektrochemischer Erkenntnisse auf bekannte Batteriesysteme und Superkondensatoren



Methodenkompetenz

- o Recherche von wissenschaftlichen Publikationen zu neuartigen Technologien und Ansätzen aus dem Bereich der aprotischen Batterisysteme (z.B. Li- Ionen, Na- Ionen, Mg- Ionen-Batterien)
- o Verinnerlichung und Verständnis des publizierten Lösungsansatzes
- o Präsentation und Diskussion eines oder mehrerer Ansätze im Rahmen eines Vortrages (analog zu einem Konferenzbeitrag)

Personale Kompetenz

- o Die Teilnehmer erkennen durch die Methodik die Notwendigkeit eines Projektteams mit unterschiedlichen Rollenzuweisungen um gemeinsam eine Serienlösung zu erarbeiten.
- o Die Möglichkeit der Wahrnehmung der eigenen "richtigen" Rollenzuweisung als Projektmitarbeiter wird dem Einzelnen ermöglicht.

Soziale Kompetenz

- o Technische Probleme und deren Lösung durch "Teambildung" werden aufgezeigt.
- o Die Identifikation mit dem Projektteam und deren Nutzen für das Projekt werden gefördert.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Elektro- und Hybridfahrzeugen aufweisen

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

keine

Inhalt

Projektarbeiten zu aktuellen Themen:

- o High Power- und High Energy-Systeme



- o Neuartige Zellkonzepte und -chemien
- o Aktivmaterialien von morgen
- o Methoden zur Herstellung von Lithium-Ionenbatterien
- o Innovative Zelldesigns
- o Recycling und Environmental Footprint
- o Evtl Besuch Sonplas Batteriefertigung

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit

Empfohlene Literaturliste

- Reddy, T. B.; Linden, D., Linden's Handbook of Batteries, 4th ed. Reddy. 2011.
- Daniel, C.; Besenhard, J. O., Handbook of Battery Materials. 2nd ed.; 2011.



MEM-07 MODERNE METHODEN DER REGELUNGSTECHNIK

Modul Nr.	MEM-07
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. László Juhász
Kursnummer und Kursname	MEM 2104 Moderne Methoden der Regelungstechnik
Lehrende	Prof. Dr. László Juhász
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	Portfolio
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die Veranstaltung behandelt die moderne Methoden der Regelungstechnik. Die Studierenden erlernen die eigenständige Analyse und Synthese sowie das Testen von Regelkreisen mithilfe moderne Methoden.

Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:

Fachkompetenz

Die Studenten sind vertraut mit moderne Methoden der Regelungstechnik. Hierzu zählen Zustandsregelungen, robuste Regelungen, adaptive Regelungen und modellprädiktive Methoden. Diese wenden sie eigenständig an, um regelungstechnische Probleme zu lösen.

Methodenkompetenz

Die Studenten sind mit der wichtigsten Methoden und Werkzeugen der moderne Regelungstechnik vertraut und setzen diese entsprechend ein.

Persönliche Kompetenz

Die Studierenden sind sich ihrer Verantwortung als Entwicklungsingenieur für modellbasierter Reglerentwurf und -Absicherung bewusst. Sie sind in der Lage



Arbeitsschritten und Ergebnisse argumentativ zu begründen und kritisch zu bewerten.
Sie können in Teams zusammenarbeiten und sich gegenseitig Feedback geben.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Für diesen Studiengang: keine

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen

Für andere Studiengänge: keine

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Formal: keine

Inhaltlich: Grundlagen Kontinuierlicher und Digitaler Regelungen

Inhalt

- o Zustandsregelungen
- o Robuste Regler
- o Adaptive Regler
- o Modellprädiktive Regelungen

Praktikum z.B. Realisierung von Regelungen für Mechatronische Systeme, Modellautos oder kleine mobile Roboter

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit

Empfohlene Literaturliste

- R. Dorf, R. Bishop, Modern Control Systems, Pearson, 2022
K. Aström, B. Wittenmark, Adaptive Control, Dover, 2008
S. Skogestad, I. Postlethwaite, Multivariable Feedback Control, Wiley, 2001
G. Goodwin, S. Graebe, M. Salgado, Control System Design, Pearson, 2016



MEM-08 LADESÄULEN UND LADEMANAGEMENT

Modul Nr.	MEM-08
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Otto Kreuzer
Kursnummer und Kursname	MEM 2105 Ladesäulen und Lademanagement MEM 2106 Praktikum Ladesäulen
Lehrende	Prof. Dr. Otto Kreuzer
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	PrB (Praktikumsbericht), schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Ladesysteme können aus unterschiedlichen Energiequellen gespeist werden, wie dem öffentlichen Stromnetz, oder aber auch Solar- und Windparks. Zusätzlich kann das eigentliche Ladegerät im Fahrzeug verbaut sein, oder in der Ladesäule. In einem immer stärker belasteten Stromnetz kann eine intelligente Ladesteuerung Netzspitzen glätten und die Integration von Ladesystemen ins Netz vereinfachen. Zusätzlich können bidirektionale Systeme auch aktiv zur Netzstabilisierung beitragen.

Fachkompetenz

- o Verständnis der unterschiedlichen Versorgungsarten von Ladesystemen
- o Herausforderungen des Lademanagements, durch finanzielle Anreize gesteuertes Laden
- o Abrechnung und Big Data
- o Unterschiede zwischen zeitkritischen Laden (unterwegs, entlang der Autobahn), mittelkritischem Laden (unterwegs, während z.B. einer Essenspause) und zeitunkritischem Laden (zu Hause über Nacht)

Methodenkompetenz



- o Verständnis über die Kennzahlen des Ladesäulenbetriebs
- o Stärkung des Abstraktionsvermögens zwischen der einzelnen Ladesäule, dem Ladepark, und dem Gesamtbetrieb

Personale Kompetenz

- o Die Teilnehmer erkennen die Herausforderungen, die der Bau und Betrieb einer einzelnen Wallbox erfordert sowie die Herausforderungen auf Netzebene wenn alle Fahrzeuge auf Elektrofahrzeuge umgestellt werden
- o Die Teilnehmer erweitern ihr persönliches Zutraun auf die Umsetzung konkreter Projekte

Soziale Kompetenz

- o Die Zusammenarbeit in der Gruppe wird an einem konkreten Projektauftrag gestärkt
- o Handwerkliche geschickte Studierende interagieren und lehren ihr Wissen an solche die dieses Geschick noch nicht besitzen

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der Systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Elektro- und Hybridfahrzeugen aufweisen

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

- o Gute Lötkenntnisse und praktische Intelligenz
- o Grundkenntnisse im Schaltplanlayout und der Berechnung und Dimensionierung von Bauelementen

Inhalt

Vorlesung:

Emobility Grundlagen / Übersicht

- o AC Ladestation
- o DC Ladestation



- o Lastmanagement
- o Infrastrukturrollout
- o Operation /Support / Service
- o Payment /Abrechnung
- o Big Data

Praktikum: Entwicklung einer AC-Wallbox für den Heimgebrauch

- o Mechanische Konstruktion des Gehäuses
- o Entwicklung der Kommunikationsplatine mit dem Fahrzeug
- o Implementierung von Schutzelementen
- o Auswahl der externen Komponenten und Beschaltung
- o Aufbau und Test der Wallbox

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit

Empfohlene Literaturliste

- o Doleski O. D., Freunek M.: Handbuch elektrische Energieversorgung
Energietechnik und Wirtschaft im Dialog, Walter de Gruyter Verlag, 1. Auflage
2022
- o Monopolkommission der Bundesregierung: Energie 2021: Wettbewerbschancen bei
Strombörsen, E-Ladesäulen und Wasserstoff nutzen, Nomos Verlag, 8.
Sektorgutachten, 2021
- o Ülker S.: Autarkie eines Bürogebäudes mit Ladesäule. Maßnahmen zur Entlastung
des Stromnetzes in Deutschland, GRIN Verlag, 1. Auflage 2022



MEM-09 MODELLBILDUNG UND SIMULATION MOBILER SYSTEME

Modul Nr.	MEM-09
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. László Juhász
Vertiefungsrichtung	Simulation von Elektromobilitätssystemen (SE)
Kursnummer und Kursname	MEM 1105 Modellbildung und Simulation mobiler Systeme
Lehrende	Prof. Dr. László Juhász
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Kern- / Wahlpflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die Veranstaltung behandelt die Modellbildung und Simulation mobile dynamische Systeme.

Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:

Fachkompetenz

Die Studierenden kennen die grundlegenden Verfahren zu Modellbildung und Simulation mobile dynamische Systeme. Sie verfügen über das Wissen, parametrische Modelle von mobilen dynamischen Systemen zu erstellen und experimentell zu verifizieren.

Methodenkompetenz

Die Studenten sind mit der wichtigsten Methoden und Werkzeugen der modellbasierter digitaler Simulation vertraut und setzen diese entsprechend ein. Insbesondere können sie die Stabilitätsbedingungen digitaler Simulationsmethoden bei kontinuierlichen und diskreten Systemen korrekt herleiten und bewerten.



Persönliche Kompetenz

Die Studierenden sind sich ihrer Verantwortung als Entwicklungsingenieur für Modellbildung und Simulation dynamische Systeme bewusst. Sie sind in der Lage Arbeitsschritten und Ergebnisse argumentativ zu begründen und kritisch zu bewerten. Sie können in Teams zusammenarbeiten und sich gegenseitig Feedback geben.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Für diesen Studiengang: keine

Für andere Studiengänge: keine

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Formal: keine

Inhaltlich: Regelungstechnik I + II, GET, Physik, Technische Mechanik, Numerische Mathematik

Inhalt

- o Analytische Modellbildung
 - o mechatronischer Systemkomponenten (elektrisch, mechanisch, Fluid, Thermik)
 - o Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Domänen
 - o Nichtlinearitäten bei dynamischen Systemen
 - o Nichtlineares Zustandsraummodell als Grundlage für digitale Simulation
 - o Linearisierung im Arbeitspunkt, Lineare Zustandsraummodelle
 - o Beispiele
- o Mathematische und kinematische Grundlagen für Modellbildung mobiler Systeme
 - o Kinematik von Mehrkörpersystemen
 - o Gelenke, Freiheitsgraden und verallgemeinerte Koordinaten
 - o Bewegungsgleichungen
- o Einspur- und Zweispurmodelle für Kraftfahrzeugen
- o Digitale Simulation kontinuierliche Systeme
 - o Integrationsverfahren für gewöhnliche Differenzialgleichungen
- o Beispiele für Modellbildung und Simulation mobile Systeme



Lehr- und Lernmethoden

Seminarische Unterricht, Rechnerpraktikum

Empfohlene Literaturliste

Scherf, Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme, Oldenburg, 2010, 4. Auflage

Tränkle, Modellbasierte Entwicklung mechatronischer Systeme, Oldenburg, 2021

Schramm, Hiller, Bardini, Modellbildung und Simulation der Dynamik von Kraftfahrzeugen, Springer, 2018, 3. Auflage

Nollau, Modellierung und Simulation technischer Systeme, Springer, 2009

Glöckler, simulation mechatronischer Systeme, Springer, 2018, 2. Auflage

Zirn, Modellbildung und Simulation mechatronischer Systeme, expert Verlag, 2002



MEM-10 ELEKTROMAGNETISCHE SIMULATION (FEM)

Modul Nr.	MEM-10
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Denk
Vertiefungsrichtung	Simulation von Elektromobilitätssystemen (SE)
Kursnummer und Kursname	MEM 1106 Elektromagnetische Simulation (FEM)
Lehrende	Prof. Dr. Frank Denk
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Kern- / Wahlpflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die elektromagnetische Auslegung mittels Finite-Elemente-Methode (FEM) ist ein entscheidender Schritt in der Entwicklung von Elektrofahrzeugen. Sie ermöglicht es Ingenieuren, das Magnetfeld im Elektromotor zu analysieren und zu optimieren, um die Leistung, Effizienz und Zuverlässigkeit sicherzustellen. Dies umfasst u.a. die Gestaltung der Wicklungen, das Design der Geometrie sowie die Auswahl der Materialien.

Fachkompetenz

- o Vermittlung der mathematischen und physikalischen Grundlagen für die Simulation mittels FEM. Zentral hierfür sind die Maxwell'schen Feldgleichungen, da daraus die zu lösenden Gleichungssysteme der FEM abgeleitet werden.
- o Einstieg in die Finite-Elemente-Methode. Dabei wird das Grundprinzip und die Funktionsweise der FEM erläutert, auf die Gleichungssysteme der einzelnen Solver eingegangen und wie diese gelöst werden können.



- o Auf Basis des theoretischen Wissens werden Modelle von verschiedenen Anwendungsbeispielen mit Hilfe einer, auch in der Industrie verbreiteten, Software erstellt und simuliert.
- o Mit Hilfe eines Motorprüfstandes soll eine elektrische Maschine als FEM Modell simuliert und mit Messergebnissen abgeglichen werden.

Methodenkompetenz

- o Die vermittelte Kompetenz erstreckt sich von der gezielten Modellierung, einschließlich der Festlegung von Annahmen und Vereinfachungen, bis hin zur Bestätigung der Modelle durch Messungen.
- o Dabei wird die Fähigkeit entwickelt, Ergebnisse sorgfältig zu interpretieren und bewerten und eigene Annahmen zu hinterfragen.
- o Der stetige Abgleich von Modellen und theoretische Grundlagen dient dazu, das Verständnis der physikalischen und technischen Zusammenhänge zu vertiefen.
- o Der Vergleich der Modelle mit analytischen Methoden und Messwerten zeigt die Stärken und Schwächen der FEM auf und es werden alternative Möglichkeiten zur Berechnung elektromagnetischer Felder präsentiert.

Personale Kompetenz

- o Es werden die Fähigkeiten vermittelt, realitätsnahe Modelle zu erstellen, die die physikalischen Eigenschaften eines Systems akkurat wiedergeben.
- o Diese Kompetenz erfordert ein tiefes Verständnis der zugrunde liegenden mathematischen und physikalischen Konzepte, sowie eine strukturierte und akkurate Arbeitsweise.
- o Die Fähigkeit zur präzisen Modellierung und zur Anpassung von Modellen auf Grundlage von experimentellen Daten ist von entscheidender Bedeutung, um verlässliche Simulationsergebnisse zu erzielen und fundierte Entscheidungen zu treffen.

Soziale Kompetenz

Es wird die Wichtigkeit der Teamarbeit aufgezeigt, dank der verschiedene Fachkompetenzen und Perspektiven zusammengeführt werden können. Auf diese Weise wird ein umfassendes Verständnis und die effektive Bewältigung der Herausforderungen im Bereich der Simulationen gefördert.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Das Modul dient für das Modul Antriebstechnik im gleichen Studiengang der Vermittlung eines erweiterten Verständnisses in die Maschinentechnik und vermittelt



in anderen Masterstudiengängen, die elektrische Antriebstechniken beinhalten, ebenfalls erweitertes Verständnis im Hinblick auf die Simulationsmöglichkeiten.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Formal: keine

Empfohlen: Elektrodynamik, Numerische Mathematik

Inhalt

- o Mathematische Grundlagen für die elektromagnetische FEM
 - o Skalar- Vektorfelder
 - o Differentialoperatoren (Gradient, Divergenz, Rotation)
 - o Integralsätze
- o Maxwell'sche Feldgleichungen (Induktionsgesetz, Durchflutungsgesetz, Quellengesetze)
 - o Differentielle Form (symbolisch und in Komponentenschreibweise)
 - o Integrale Form (Anwendung der Integralsätze)
 - o Transient, Frequenzbereich und stationär
 - o Elektrische und magnetische Potential
 - o Eingeprägte Felder
 - o Randbedingungen
 - o Materialgleichungen und Materialeigenschaften
 - o Netzwerkgrößen
 - o Leistung, Energie und Kraft
- o Grundlagen der Finite-Element-Methode (FEM)
 - o Grundprinzip und Funktionsweise der FEM
 - o Zu lösende partielle Differentialgleichungssysteme der einzelnen Solver
 - o Numerisches Lösen linearer Gleichungssysteme
 - o Pre-Processing und Post-Processing, Adaptive Netzgenerierung
- o Anwendung mit kommerzieller Software



- o Anwendungsbeispiele aus dem 2D für Kartesische und Zylinderkoordinaten
- o Randbedingungen und Symmetrien
- o Parameterstudien
- o Impedanz-Matrix
- o Kopplung des Geometrischen Modells mit einer elektrischen Schaltung
- o Modellierung von Permanentmagneten
- o Magnetkraft
- o Vergleich numerischer mit analytischen Methoden
- o Auslegung elektrischer Maschinen
 - o FEM-Modellbildung und Berechnung
 - o Abgleich mit Messergebnissen am Prüfstand

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht. Im Unterricht werden die Inhalte unter Einbeziehung der Studenten erarbeitet und durch Beispiele illustriert. Durch Lösen von inhaltlich passenden Übungsaufgaben und durch das vollständige Nachrechnen und Ausarbeiten von anspruchsvollen Beispielen mit Hilfe von Computern eignen sich die Studenten die Inhalte und Methoden an.

Empfohlene Literaturliste

Adolf J. Schwab: Begriffswelt der Feldtheorie, 8. Auflage, Springer Vieweg, 2019.

Heino Henke: Elektromagnetische Felder, 6. Auflage, Springer Vieweg, 2020.

Eberhard Kallenbach, et. al.: Elektromagnete 5. Auflage, Springer Vieweg, 2018.

Thomas Rylander, et. al.: Computational Electromagnetics, 2. Auflage, Springer New York, 2013.

Arnulf Kost: Numerische Methoden in der Berechnung elektromagnetischer Felder, Springer Berlin, Heidelberg, 1994.

Gottlieb Strassacker, Peter Strassacker: Analytische und numerische Methoden der Feldberechnung, Vieweg+Teubner Verlag Wiesbaden 1993.



MEM-11 MODELLBASIERTER REGLERENTWURF UND ABSICHERUNG (CPU UND FPGA)

Modul Nr.	MEM-11
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. László Juhász
Vertiefungsrichtung	Simulation von Elektromobilitätssystemen (SE)
Kursnummer und Kursname	MEM 2107 Modellbasierter Reglerentwurf und Absicherung (CPU und FPGA) MEM 2108 Praktikum Reglerentwurf
Lehrende	Prof. Dr. László Juhász
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Kern- / Wahlpflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	PrA Projektarbeit schriftlich/mündlich/praktisch, schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die Veranstaltung behandelt den modellbasierten Reglerentwurf und Absicherung nach dem V-Zyklus sowohl für CPU-basierte als auch für FPGA-basierte Systeme. Die Studierenden erlernen die eigenständige Analyse und Synthese sowie das Testen von Regelkreisen mithilfe der modellbasierten Methoden.

Die Studierenden erreichen folgende Lernziele:

Fachkompetenz

Die Studenten kennen die einzelnen Elemente des modellbasierten Funktionsentwurfs und Absicherung nach dem V-Zyklus und können die Besonderheiten und Gemeinsamkeiten einzelner Elemente des V-Zyklus verstehen. Des Weiteren sind sie in der Lage, die entworfenen Regler mithilfe von Offline- sowie Echtzeitsimulationen entsprechend der Vorgaben des V-Zyklus modellbasiert abzusichern und auf diesem Wege Entwurfsfehler frühzeitig zu erkennen.



Die Studenten lernen Software-Toolketten aus dem Hause MathWorks und dSPACE kennen und wenden diese anschließend eigenständig für Aufgaben im Bereich des modellbasierten Reglerentwurfs und Absicherung auf CPU- und FPGA-basierten Systemen an.

Methodenkompetenz

Die Studenten sind mit der wichtigsten Methoden und Werkzeugen der modellbasierter digitaler Simulation vertraut und setzen diese entsprechend ein. Insbesondere können sie die Stabilitätsbedingungen digitaler Simulationsmethoden bei kontinuierlichen und diskreten Systemen korrekt herleiten und bewerten. Sie kennen die Leitfäden für eine gute Grundlage der modellbasiert realisierten Funktionen - bezogen auf deren spätere Anwendung in RCP, HIL und Seriercodegenerierung - und wenden diese Leitfäden eigenständig an. Die erwähnten Ansätze und Techniken haben die Studenten durch Modellierung, Simulation und Regelung einer beispielhaften Anwendung verdeutlicht und befestigt.

Der Student versteht was Echtzeitanforderungen bedeuten und ist vertraut mit deren Auswirkung auf den Funktionsentwurf mittels Rapid Control Prototyping. Sowohl die hard- als auch die softwareseitigen Anforderungen und Anwendungsmöglichkeiten beim RCP sind ihm bekannt und werden von ihm erfolgreich eingesetzt. Er ist in der Lage, Funktionsentwicklung mittels Rapid Control Prototyping für CPU- und FPGA-basierte Systeme erfolgreich durchzuführen und absichern. Dabei widmet er den Problemen des Tasking beim CPU, der signalfluss beim FPGA, der Konfiguration der I/O und Echtzeitbedingungen ein besonderes Augenmerk.

Der Student kennt die Herausforderungen der Seriercodegenerierung und wendet Optimierungsmethoden und Zahlendarstellung im Digitalrechner eigenständig an, um einen positiven Einfluss auf Rechenzeit und Speicherverbrauch zu erzielen. Er ist in der Lage ein allgemeines Simulationsmodell selbstständig in ein seriercodegenerierungstaugliches Modell umzuwandeln und die dafür notwendige Schritte (Skalierung, Optimierung) erfolgreich durchzuführen. Er ist mit der Absicherung und Analyse des generierten Seriercode mittels Code-Coverage, MIL, SIL und PIL-Simulation sowie mit der Integration der Gesamtsteuergerätecode vertraut.

Der Student kennt die Gründe für eine HIL-Simulation und die Techniken die bei einer solchen Simulation angewendet werden. Er ist mit der Erstellung und Betrieb einer HIL-Anwendung bestens vertraut und kennt die Synergien zwischen Rapid Control Prototyping und HIL. Dabei wendet er auch die Methoden der Testautomatisierung und Virtualisierung erfolgreich an.

Persönliche Kompetenz

Die Studierenden sind sich ihrer Verantwortung als Entwicklungsingenieur für modellbasierter Reglerentwurf und -Absicherung bewusst. Sie sind in der Lage Arbeitsschritten und Ergebnisse argumentativ zu begründen und kritisch zu bewerten. Sie können in Teams zusammenarbeiten und sich gegenseitig Feedback geben.



Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Elektro- und Hybridfahrzeugen aufweise

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

keine

Inhalt

1. Einführung modellbasierter Reglerentwurf und Absicherung
 - 1.1. Vergleich traditionelle und Modellbasierte Methoden
 - 1.2. Das V-Modell
2. Elemente des V-Modells
 - 2.1. Offline Simulation
 - 2.2. Rapid Control Prototyping
 - 2.3. Seriercodegeneration
 - 2.4. Hardware-in-the-Loop Simulation
 - 2.5. Messen und Kalibrieren
3. Parameteridentifikation
 - 3.1. Übersicht und Einordnung der Parameteridentifikationsmethoden
 - 3.2. Parameteridentifikation im Zeitbereich
 - 3.3. Parameteridentifikation im Bildbereich
4. Modellbasierter Reglerentwurf für FPGAs (Xilinx System Generator/Vitis)
5. Projektarbeit aus RCP (CPU, FPGA), Seriercodegenerierung, HIL, oder Kalibrierung (ggf. Integration von Servicecode, XCP)

Lehr- und Lernmethoden



Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit

Empfohlene Literaturliste

D. Abel / A. Bollig: Rapid Control Prototyping -Methoden und Anwendungen, Springer Verlag, Berlin 2006.

J. Schäuffele / T. Zurawka: Automotive Software Engineering, 6. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden 2016.

H. Winner / S. Hakuli / F. Lotz / C. Singer: Handbuch Fahrerassistenzsysteme, 3. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden 2015.

Isermann R.: Grundlegende Methoden (Identifikation dynamischer Systeme, Bd.1), Springer-Verlag, 1992



MEM-12 FACHSPREZIFISCHES WAHLPFLICHTFACH

1

Modul Nr.	MEM-12
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Denk
Vertiefungsrichtung	Simulation von Elektromobilitätssystemen (SE)
Kursnummer und Kursname	MEM 2109 Fachspezifisches Wahlpflichtfach 1
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Kern- / Wahlpflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die Lernergebnisse des Moduls können der Kursbeschreibung aus dem Modulhandbuch des entsprechenden Studiengangs, aus dem der Kurs stammt, entnommen werden.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Die Verwendbarkeit des Moduls können der Kursbeschreibung aus dem Modulhandbuch des entsprechenden Studiengangs, aus dem der Kurs stammt, entnommen werden.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Die Voraussetzungen für das Modul können der Kursbeschreibung aus dem Modulhandbuch des entsprechenden Studiengangs, aus dem der Kurs stammt, entnommen werden.

Inhalt

Wählbares Lehrmodul das entsprechend der Wahl der Vertiefungsrichtung Simulation von Elektromobilitätssystemen (SE) eine thematische Relevanz bildet.



Wählbares Lehrmodul an der Technischen Hochschule Deggendorf für das
Fachspezifisches Wahlpflichtfach 1.

Neben dem wählbaren Lehrmodul ist die Definition eines Arbeitspakets oder Projekts
basierend auf Aktivitäten des Projekts Fast Forest übernehmbar welches ebenfalls
thematisch im Bereich der Vertiefungsrichtung Simulation von
Elektromobilitätsystemen (SE) liegt.

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Seminar, Übung, Praktikum



MEM-13 LEISTUNGSELEKTRONIK IN ELEKTRO- UND BRENNSTOFFZELLENFAHRZEUGEN

Modul Nr.	MEM-13
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Otto Kreuzer
Vertiefungsrichtung	Realisierung von Elektromobilitätsystemen (RE)
Kursnummer und Kursname	MEM 1107 Leistungselektronik in Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen
Lehrende	Prof. Dr. Otto Kreuzer
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Kern- / Wahlpflichtfach
Niveau	Postgraduiert
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5/90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Leistungselektronik - eines DER Schlüsselssysteme innerhalb der elektrische Antriebe für PKW und Nutzfahrzeuge.

Dieses System zu verstehen und energieeffizient und mit einer hohen Produktqualität zu entwickeln erfordert neben den äußerst wichtigen Kenntnissen der Funktionsweise von DCDC-Konvertern und Wechselrichtern auch Detailkenntnisse über die komplexen Systemanforderungen und -randbedingungen, sowie den dazu erforderlichen Technologien.

Mit diesem Modul erkennen die Teilnehmer die Komplexität des Systems **Leistungselektronik** und sind in der Lage die Systemzusammenhänge und das Gesamtsystem zu verstehen und zu erläutern.

Fachkompetenz



- o Entwicklung der Fähigkeit leistungselektronische Wandler auszulegen und zu konstruieren
- o Verständnis des inneren Aufbaus aller leistungselektronischer Wandler eines Elektrofahrzeugs
- o Verständnis der Anforderungen an neuartige leistungselektronische Bauelemente, z.B. auf Wide-Bandgap-Basis

Methodenkompetenz

- o Verständnis der Zusammenhänge und Auswirkungen von der Anforderung leistungselektronischer Komponenten auf die Bauteilebene
- o Einordnung der vier Grundbauelemente der Leistungselektronik (Schalter, Diode, Induktivität, Kapazität) in die Funktionsweise leistungselektronischer Wandler

Personale Kompetenz

Die Studierenden

- o Können in der Gruppe einzelne Komponenten leistungselektronischer Wandler auslegen und entwickeln
- o Verlieren Vorbehalte und Berührungsängste gegenüber der Leistungselektronik in Elektrofahrzeugen

Soziale Kompetenz

Die Studierenden

- o können die Schnittstellen zu den benachbarten Forschungsbereichen der Leistungselektronik erkennen und deren Herausforderungen verstehen
- o Können Kennzahlen der Leistungselektronik definieren und kommunizieren

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

StudiengangVerwendbarkeit in anderen Studiengängen:

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der Systemlösungen der

Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema den Fokus auf Energietechnik und erneuerbare Energien legen.



Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

- o Erfolgreich abgelegte Prüfungen Leistungselektronik 1 und Leistungselektronik 2 aus dem Bachelorstudiengang Elektromobilität
- o Grundlagen Werkstofftechnik
- o Kenntnisse Leistungshalbleiter
- o Kenntnisse passive Bauteile
- o Vorlesung Physik

Inhalt

Vorlesungsinhalt:

- o Fahrzeugkonzepte
- o Energiespeicher und Ladesysteme
- o Systemauslegung - Grundlagen
- o Energiebordnetze
- o Leistungselektronik - Hauptkomponenten
- o Aufbau und Verbindungstechnik - Technologien
- o Aufbau und Verbindungstechnik - Temperatur, Zyklen, Lebensdauer
- o Entwärmung
- o Ausfallbilder und -ursachen Leistungsmodul
- o Passive Bauteile - Besonderheiten und Ausfallursachen
- o Spannungsfestigkeit und Isolationsabstände
- o Qualifikation, Test und Rückwarenanalyse
- o Entwicklungszyklus, Prozess und Qualität
- o EMV
- o Recycling

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht

Empfohlene Literaturliste



- o Michel M.: Leistungselektronik: Einführung in Schaltungen und deren Verhalten, Springer Berlin-Heidelberg, 5. Auflage 2011
- o Vorlesung Leistungselektronik 1 und 2 aus dem Bachelorstudiengang Elektromobilität

Automobil Allgemein:

- o Robert Bosch GmbH: Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, Springer Vieweg Verlag, 30. Auflage 2022
- o Reif K.: ATZ/MTZ-Fachbuch, Automobilelektronik: Eine Einführung für Ingenieure, Springer Vieweg Verlag, 5. Auflage 2014

Elektronik Allgemein:

- o Holt J. C., Hill W., Horowitz P. H., The art of electronics , Cambridge University Pr., 3. Auflage 2015



MEM-14 FACHSPEZIFISCHES WAHLPFLICHTFACH 2

Modul Nr.	MEM-14
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Denk
Vertiefungsrichtung	Realisierung von Elektromobilitätsystemen (RE)
Kursnummer und Kursname	MEM 1108 Fachspezifisches Wahlpflichtfach 2
Semester	1
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Kern- / Wahlpflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die Lernergebnisse des Moduls können der Kursbeschreibung aus dem Modulhandbuch des entsprechenden Studiengangs, aus dem der Kurs stammt, entnommen werden.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Die Verwendbarkeit des Moduls können der Kursbeschreibung aus dem Modulhandbuch des entsprechenden Studiengangs, aus dem der Kurs stammt, entnommen werden.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Die Voraussetzungen für das Modul können der Kursbeschreibung aus dem Modulhandbuch des entsprechenden Studiengangs, aus dem der Kurs stammt, entnommen werden.

Inhalt

Wählbares Lehrmodul das entsprechend der Wahl der Vertiefungsrichtung Realisierung von Elektromobilitätsystemen (RE) eine thematische Relevanz bildet.

Wählbares Lehrmodul an der Technischen Hochschule Deggendorf für das Fachspezifisches Wahlpflichtfach 2.



Neben dem wählbaren Lehrmodul ist die Definition eines Arbeitspakets oder Projekts basierend auf Aktivitäten des Projekts Fast Forest übernehmbar welches ebenfalls thematisch im Bereich der Vertiefungsrichtung Realisierung von Elektromobilitätsystemen (RE) liegt.

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Seminar, Übung, Praktikum



MEM-15 ELEKTROCHEMISCHE ENERGIESPEICHER IM PRAKTISCHEN EINSATZ

Modul Nr.	MEM-15
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Michael Sternad
Vertiefungsrichtung	Realisierung von Elektromobilitätssystemen (RE)
Kursnummer und Kursname	MEM 2110 Elektrochemische Energiespeicher im praktischen Einsatz
Lehrende	Prof. Dr. Michael Sternad
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Kern- / Wahlpflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	PStA
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die Transformation vom Verbrennungsmotor zum Elektroantrieb erfordert elektrochemische Energiespeicher mit möglichst hoher Energie- und Leistungsdichte zu möglichst geringen Kosten. Die Studierenden sollen im Rahmen des Moduls "Elektrochemische Energiespeicher im praktischen Einsatz" in die chemischen Grundlagen, und der Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien im Labormaßstab eingeführt werden.

Fachkompetenz

- o Verständnis des Aufbaues, der Funktion und der Materialien in elektrochemischen Energiespeichern (Batterien)
- o Vertieftes Verständnis in die Funktionsweise und die Besonderheiten von aktuellen Technologien wie Lithium-Ionen-Batterien
- o Anwendung grundlegender elektrochemischer Erkenntnisse zum Aufbau und zur Charakterisierung von Batteriezellen im Labormaßstab



Methodenkompetenz

- o Grundlegende Verhaltens- und Arbeitsweisen im chemischen Labor
- o Verinnerlichung und Verständnis von Gefahren im chemischen Labor
- o Erlernen der wichtigsten Arbeitsschritte zum Bau und der Charakterisierung von Zellkomponenten und Zellen von Lithium-Ionen-Batterien

Personale Kompetenz

- o Die Teilnehmer erkennen durch die Methodik die Notwendigkeit eines Projektteams mit unterschiedlichen Rollenzuweisungen um gemeinsam eine Serienlösung zu erarbeiten.
- o Die Möglichkeit der Wahrnehmung der eigenen "richtigen" Rollenzuweisung als Projektmitarbeiter wird dem Einzelnen ermöglicht.

Soziale Kompetenz

- o Technische Probleme und deren Lösung durch "Teambildung" werden aufgezeigt.
- o Die Identifikation mit dem Projektteam und deren Nutzen für das Projekt werden gefördert.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Elektro- und Hybridfahrzeugen aufweisen

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

keine

Inhalt

- o Erlernenen von grundlegenden Verhaltens-und Arbeitsweisen im chemischen Labor
- o Bau und Charakterisierung von Lithium-Ionen-Batterien im Labormaßstab

Lehr- und Lernmethoden



Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit

Empfohlene Literaturliste

[1] Jander, G.; Strähle, J.; Blasius, E., Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie: mit 67 Tabellen. Hirzel: 2006.

[2] Beard, K. W.; Reddy, T. B., Linden's Handbook of Batteries, 5th ed. Beard. 2019.



MEM-16 THERMOMANAGEMENT

Modul Nr.	MEM-16
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Denk
Vertiefungsrichtung	Realisierung von Elektromobilitätsystemen (RE)
Kursnummer und Kursname	MEM 2111 Thermomanagement
Lehrende	Prof. Dr. Frank Denk
Semester	2
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Kern- / Wahlpflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	schr. P. 90 Min.
Dauer der Modulprüfung	90 Min.
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die in der Automobilindustrie existierenden und durch Digitalisierung und Elektrifizierung sich beschleunigenden Änderungen und stetigen technologischen Anpassungen erfordern Optimierungen im Energieverbrauch und Wirkungsgrad der genutzten Gesamtsysteme.

Fachkompetenz

- o Die Teilnehmer erwerben tiefes Fachwissen in den Grundlagen der Thermodynamik.
- o Sie erhalten die Möglichkeit technische Systeme zu strukturieren und deren thermodynamische Einflüsse zu analysieren.
- o Sie gewinnen tiefe Kenntnisse in verlustbehafteten Systemen der Elektrotechnik, der Magnettechnik und der Elektrochemischen Subsystemen.

Methodenkompetenz

- o Vorhandene elektromobile Systeme werden durch Dekomposition in ihre Subsystem unterteilt.
- o Die verlustbehafteten Systemteile werden identifiziert und technisch analysiert.



- o Im Hinblick auf Wirkungsgradverbesserung und Verlustleistungsreduzierung wird methodisch das System optimiert.

Personale Kompetenz

- o Die Teilnehmer erkennen durch die Methodik der Systemanalyse die Grundlagen der Projektstrukturen in der elektromobilen Industrie.
- o Durch gemeinsame Übungen gewinnen die Teilnehmer das Verständnis des Nutzens von Rollenzuweisungen im Projektteam.
- o Die Requirement Engineering Resultate ermöglichen der Wahrnehmung der eigenen "richtigen" späteren Rollenzuweisung als Projektmitarbeiter in einem Systemprojekt.

Soziale Kompetenz

- o Technische Probleme und deren Lösung durch "Teambildung" werden aufgezeigt.
- o Die Identifikation mit dem Projektteam und deren Nutzen für das Projekt werden gefördert.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Verwendbarkeit ist in den anderen Modulen gegeben die technisch bedingt direkt mit Verlustleistungsbetrachtungen und daraus Themen des Wirkungsgrades enthalten.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen:

Das Modul bietet wie innerhalb des Studiengangs ebenfalls in anderen Studiengängen vertiefte Kenntnisse wenn es um die Erzeugung von verlustwärme geht.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in der Thermodynamik, wie sie im klassischen Physikunterricht gelehrt werden, erleichtern zu Beginn im theoretischen Teil das Verständnis und die Vermittlung der Grundlagen.

Inhalt

- o Einführung/Motivation
- o Systeme und ihre Beschreibung
- o Energie und Prozesse
- o Zustandsgleichungen und Zustandsänderungen Idealer Gase
- o Energieumwandlung, Thermische Maschinen



- o Wärmeübertragung
- o Thermische Verluste elektronisch/elektrischer Komponenten
- o Thermische Verluste magnetisch/elektrischer Komponenten
- o Thermische Verluste elektrochemischer Komponenten
- o Automotive Requirements
- o Automotive Lösungen
- o Modellbasierte Lösungen mit Matla

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit

Empfohlene Literaturliste

Klaus Langeheinecke: Thermodynamik für Ingenieure, Springer, 2020

Klaus Nietsche: Praxis der Wärmeübertragung, Grundlagen Anwendungen
Übungsaufgaben, Fachbuchverlag Leipzig, 2012

Kallenbach: Elektromagnete, Grundlagen, Berechnung, Entwurf und Anwendung,
Springer, 2017



MEM-17 GESELLSCHAFTLICHE HERAUSFORDERUNGEN DER ELEKTROMOBILITÄT & ZUVERLÄSSIGKEIT, WARTBARKEIT, NACHHALTIGKEIT

Modul Nr.	MEM-17
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Otto Kreuzer
Kursnummer und Kursname	MEM 3101 Gesellschaftliche Herausforderungen der Elektromobilität & Zuverlässigkeit, Wartbarkeit, Nachhaltigkeit
Semester	3
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jährlich
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	4
ECTS	5
Workload	Präsenzzeit: 60 Stunden Selbststudium: 90 Stunden Gesamt: 150 Stunden
Prüfungsarten	Portfolio
Gewichtung der Note	5 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Elektrofahrzeuge stehen oft in der Kritik, teilweise mehr Treibhauswirkung zu haben als konventionelle Fahrzeuge. Auch der Materialeinsatz und schlechte Recyclingquoten werden oft als Argumente angeführt. Ein Wegfall von Arbeitsplätzen in der Zulieferindustrie sowie die schlechte Speicherbarkeit von Strom und dessen Auswirkungen auf eine zuverlässige Versorgung werfen weitere Fragen auf.

Fachkompetenz

- o Verständnis für die volkswirtschaftlichen Zusammenhänge von großen Industriezweigen
- o Historische gesellschaftliche Wandlungen
- o Grenzen und Herausforderungen der erneuerbaren Stromversorgung
- o Ressourcenbedarf von Elektrofahrzeugen
- o Recyclingquoten und Recyclingfähigkeit



- o Cradle-to-cradle-Prinzip

Methodenkompetenz

- o Zusammenführung des Wissens unterschiedlicher Fachbereiche zu einer ganzheitlichen Lösung
- o Anwendung des Wissens von Produktauswirkungen auf Entwicklungsvorhaben

Persönliche Kompetenz

- o Entwicklung eines ganzheitlichen Blickwinkels auf Zusammenhänge in der Gesellschaft
- o Hinterfragen von Entwicklungszielen von rein technischen Zielen zu gesellschaftlichen Zielen

Soziale Kompetenz

- o Kritisches Hinterfragen des Wachstumsprinzips wird gestärkt
- o Entwicklung eines globalen Blickwinkels auf die weltweiten Auswirkungen des Ressourcenverbrauchs der ersten Welt

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Verwendbarkeit in diesem Studiengang

Eine technologische Abhängigkeit der Themen in andere Bereiche des Studiengangs ist nicht gegeben.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen

Das Modul bietet einen vertieften Einblick in den großen Bereich der Systemlösungen der Elektromobilität und ist somit auch für Studiengänge verwendbar, die das Thema Nachhaltigkeit verfolgen

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

- o Grundverständnis der Handlungs- und Entscheidungsmechanismen von Gesellschaften
- o Kenntnisse der Komponenten in Elektrofahrzeugen
- o Grundlagen der Materialwissenschaften und der Chemie

Inhalt

- 1.) Grundlagen der gesellschaftlichen Akzeptanz von Neuerungen
- 2.) Volkswirtschaftliche Auswirkungen



- o Verlust und Wandlung von Arbeitsplätzen
- o Wertschöpfungsorte
- o Kostenverteilung der Ladeinfrastruktur
- 3.) Auswirkungen auf die Umwelt
 - o Entsorgung, Reparierbarkeit
 - o Gesellschaftliche Verantwortung für Zulieferketten
 - o Nachhaltigkeit in der Elektromobilität
- 4.) Bereitstellung der notwendigen Energie
 - o Ausbau der Stromnetze Kosten, Notwendigkeit von zeitabhängigen Tarifen, Verlegung der Leitungen
 - o Vollständig erneuerbare Versorgung, Stromimport
 - o Zusätzlicher Aufbau von Solaranlagen / Windrädern
- 5.) Recycling und Grenzen des Wachstums
 - o Rohstoffquellen und Rohstoffversorgung;
 - o Second Life von Batteriesystemen vs. Materialrecycling

Lehr- und Lernmethoden

Seminaristischer Unterricht, Praktische Übungen in Gruppen- und Einzelarbeit

Portfolioprüfung (schriftliche Ausarbeitung eines individuellen Seminarthemas 70%, mündliche Präsentation der Ergebnisse des Seminarthemas 30% Anteil an der Gesamtnote)

Empfohlene Literaturliste

- o Luczak A.: Deutschlands Energiewende Fakten, Mythen und Irrsinn: Wie schwer es wirklich ist, unsere Klimaziele zu erreichen, Springer Fachmedien Wiesbaden, 1. Auflage 2020
- o Jäger S.: Potenziale und Herausforderungen der Elektromobilität, GRIN Verlag, 1. Auflage 2022
- o Kagerbauer M.: Integration von neuen Mobilitätsformen in Verkehrserhebungen und Verkehrsmodellierung, Karlsruher Institut für Technologie, 1. Auflage 2022



- o von Buttlar H.: Das grüne Jahrzehnt, Countdown bis 2030 Wie die Klimakrise die Wirtschaft revolutioniert, Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH, 1. Auflage 2022



MEM-18 MASTERMODUL

Modul Nr.	MEM-18
Modulverantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Denk
Kursnummer und Kursname	MEM 3102 Masterarbeit MEM 3103 Masterseminar
Semester	3
Dauer des Moduls	1 Semester
Häufigkeit des Moduls	jedes Semester
Art der Lehrveranstaltungen	Pflichtfach
Niveau	Postgraduate
SWS	2
ECTS	25
Workload	Präsenzzeit: 0 Stunden Selbststudium: 750 Stunden Gesamt: 750 Stunden
Prüfungsarten	mdl. P. 30 Min., Masterarbeit
Gewichtung der Note	25 / 90
Unterrichts-/Lehrsprache	Deutsch

Qualifikationsziele des Moduls

Die Studierenden erreichen im Mastermodul folgende Lernziele:

Fachkompetenz

Die Studierenden sind fähig, sich in technische/wirtschaftliche Aufgabenstellungen vertiefend einzuarbeiten, Probleme eigenständig zu analysieren und diese zu lösen. Sie sind in der Lage, auch umfangreiche Aufgaben, in Wechselwirkung mit übergreifenden Abteilungen, zu bearbeiten und zu lösen. Die Studierenden sind in der Lage, z. T. schwierige technisch-wissenschaftliche Zusammenhänge in den Bereichen Elektrotechnik, Informatik, Mechatronik vor einem Fachpublikum in Form eines mündlichen Vortrags darzustellen und Fragen zu ihrem Vortrag in plausibler Form zu beantworten.

Methodenkompetenz

Die Studierenden haben die Fähigkeit, ein umfangreiches Problem aus dem Gebiet der Elektromobilität selbständig auf wissenschaftlicher Grundlage zu bearbeiten und zu lösen.

Sie können nach seminaristischer Vorbereitung am Anfang des Semesters ihren abschließenden Vortrag in Form und Inhalt für ein Fachpublikum verständlich und in einem zeitlich vorgegebenen Rahmen halten.



Persönliche Kompetenz

Die Studierenden sind in der Lage zur selbständigen, eigenverantwortlichen und selbstdisziplinarischen Bearbeitung eines praxisrelevanten, abgrenzbaren (Teil-) Projektes im Umfeld der Elektromobilität unter wissenschaftlich und methodischen Gesichtspunkten.

Sie sind weiterhin in der Lage die Ergebnisse in einer schriftlichen, eigenständigen Dokumentation in Form einer wissenschaftlichen Arbeit darzustellen.

Die Präsentationssituation vor Fachpublikum bedeutet ein Vorgriff auf viele ähnliche Situationen im Berufsleben, insbesondere die zeitlichen engen Vorgaben und die Fokussierung auf Kernaussagen, insofern bildet dieses Seminar eine Vorbereitung auf ähnliche Berufssituationen.

Verwendbarkeit in diesem und in anderen Studiengängen

Für diesen Studiengang ist das Mastermodul Pflichtfach im Studiengang Master Elektromobilität

Für andere Studiengänge gibt es keine Verwendung

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Zur Masterarbeit können sich Studierende anmelden, die mindestens 25 ECTS-Leistungspunkte und das abschließende 3. Semester erreicht haben.

▶ MEM 3102 MASTERARBEIT

Ziele

In der Masterarbeit erwerben die Studierenden die Fähigkeit, zumeist selbständig eine anwendungsorientierte aber umfangreiche und komplexe Aufgabenstellung aus dem Gebiet der Elektromobilität zu bearbeiten.

Hierbei sollen ingenieurwissenschaftliche Prinzipien und Methoden angewendet werden.

Die Planung und Abarbeitung der Teilaufgaben ist so zu gestalten, dass ein vorgegebener Zeitrahmen nicht überschritten wird.

Die Arbeit wird in wissenschaftlicher Form dokumentiert und präsentiert.

Inhalt

Der Inhalt ist die jeweilige Themenstellung oder Anforderung.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen



Die Voraussetzungen gemäß der StPO

Prüfungsarten

Masterarbeit

Besonderes

Sprache Deutsch

Empfohlene Literaturliste

Notwendig ist die entsprechend der Ziele und Anforderungen nötige Fachliteratur.

Unternehmensinterne Quellen die zur Ziellerreichung notwendig sind.

▶ MEM 3103 MASTERSEMINAR

Ziele

Mit dem Masterseminar sollen die Studierenden in die Lage versetzt werden, Aufgaben und Resultate aus der Masterarbeit zu präsentieren. Der aktuelle Stand der Technik wird erfasst und in einem Referat mitgeteilt.

Die didaktische Vortragsweise und Redegewandtheit werden erlernt.

Inhalt

Präsentationstechniken in Kombination zu zeitlichen Vorgaben und interaktiven Handeln.

Zugangs- bzw. empfohlene Voraussetzungen

Die Masterarbeit sollte fertig gestellt sein.

Prüfungsarten

mdl. P. 30 Min.

