

Master Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien

MODULHANDBUCH

EPO-Version 902

Stand: 26.03.2026

Inhaltsverzeichnis

Semester 1	4
Mobilitätskonzepte & Mobility Services	5
Entwicklungsmethoden & Funktionale Sicherheit	10
Systemsimulation	13
Energiemanagement & Betriebsstrategie	16
Semester 2	18
Wasserstoffherstellung	19
Wasserstoffeigenschaften	22
Wasserstoffnutzung	25
Wasserstoffwirtschaft	27
Elektrische Antriebe	29
Leistungselektronik & Sicherheitskonzepte	33
Testing & Validierung elektromobiler Fahrzeugsysteme	37
Antriebsstrang & Erprobung	39
Sensorik & Embedded Systems	41
Sensordatenfusion & Lokalisierung/Mapping	43
Bahnplanung & Motion Control	46
Fahrzeugsysteme & Fahrdynamik	49
Semester 3	51
Batteriesysteme	52
Batteriesicherheit und -management	54
Brennstoffzellensysteme	57
Elektrochemie der Brennstoffzelle	59
Ladesysteme	61
Hochvoltsysteme	64
Software Defined Vehicle	67
Automotive Software	70
Software Security	72
Künstliche Intelligenz & Machine Learning	74
Semester 4	77
Transferprojekt/Internationales Studienmodul	78
Masterarbeit	80

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
PLS = Hausarbeit / Forschungsbericht	PLM = mündliche Prüfung
PLK = schriftliche Klausurarbeiten	PLR = Referat
PLL = Laborarbeit	PLE = Entwurf
PLA = Praktische Arbeit	PLT = Lerntagebuch
PLF = Portfolio	PLP = Projekt
PLC = Multimedial gestützte Prüfung (E-Klausur)	PPR = Praktikum
PMC = Multiple Choice	

Semester 1

Mobilitätskonzepte & Mobility Services

Die Teilnehmenden sind in der Lage, zentrale Begriffe und Methoden der Fahrzeugkonzeption einzuordnen und Mobilitätskonzepte im Zusammenspiel von individuellen Anforderungen, Transportaufgaben, Straßenverkehr, Fahrzeugtechnologien und Infrastruktur zu analysieren. Das Modul vermittelt einen kompakten Überblick über aktuelle Ansätze und stellt methodische Werkzeuge bereit, um zukünftige Mobilitätslösungen systematisch und anforderungsgerecht zu entwickeln. Im Mittelpunkt stehen spezifische Nutzungen und Nutzungsszenarien, insbesondere die gestalterischen Freiräume, die sich durch autonome Technologien in der Fahrzeuginnenraumkonzeption eröffnen. Dabei wird praxisnahes Wissen zur Entwicklung neuartiger Fahrzeugtypen vermittelt, die gezielt für urbane Mobilitäts- und Sharing-Modelle ausgelegt sind. Ergänzend erwerben die Studierenden grundlegende Kompetenzen in der Gestaltung von Interior, Exterior und Human-Machine Interfaces sowie in der Anforderungsermittlung, im methodischen Entwurf und in der konzeptbasierten Fahrzeugentwicklung.

Die Teilnehmenden können die wesentlichen Bestandteile von Mobility Services definieren und sind imstande, die Anforderungen dieser Services an die fahrzeugnahe Technologieentwicklung zu beurteilen. Es wird vermittelt, wie Mobility Services (mit autonomen Fahrzeugen) im Kontext der Transformation von Verkehrssystem und Aspekten wie Nachhaltigkeit, Kundenbedürfnisse und Zielgruppen, Innovation und (lokal-)politischen Rahmenbedingungen zu gestalten sind. Theoretische Modelle zur Innovationsdiffusion vermitteln ein Verständnis der Erfolgsfaktoren für einen sozio-technischen Wandel. Weitere Schwerpunkte sind neue Mobilitätsregime wie Mobility-as-a-Service (MaaS), Veränderungen im Mobilitätsverhalten, die Nutzung und Bewertung von Mobilitätsdaten sowie Zielgruppenansprachen. Zudem lernen Studierende, wie Mobilitätsprodukte entwickelt und Geschäftsmodelle analysiert werden. Die Perspektive von Städten – etwa Erwartungen an Mobilitätsdienste und datenbasierte Standortbewertungen – rundet die Vorlesung ab. Ziel ist es, ein tiefes Verständnis für aktuelle Entwicklungen, Herausforderungen und Potenziale im Bereich Mobilitätsdienste zu vermitteln. Dies ist Grundlage für bessere Entscheidungen und eine pro-aktive Technologieentwicklung, welche sich wiederum in größerem wirtschaftlichem Erfolg und einer gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit niederschlagen können.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02001
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02101
Modulart	Pflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Alexander Müller
Studiensemester	1
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	36 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	114 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	prinzipiell keine, aber naturwissenschaftliches/ingenieurwissenschaftliches Studium von Vorteil
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Mobilitätskonzepte & Mobility Services
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Dr. Robert Schönduwe, Prof. Dr. Alexander Müller
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Mobilitätslösungen im Wandel der Zeit
2. Grundlagen & Anforderungen
3. Maßkonzeption
4. Exterieur- und Interieurdesign
5. Interaction-Design
6. Verkehrs- und Mobilitätswende I - Komplexität der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge
7. Verkehr- und Mobilitätswende II – Theory of change
8. Neue Mobilitätsregime
9. Mobilitätsdaten: Datenquellen, Bedeutung und Anwendungen
10. Zielgruppen und Mobilitätsverhalten
11. Produktentwicklung und (digitale) Geschäftsmodelle
12. Die Perspektive der Städte

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, verschiedene Mobilitätskonzepte hinsichtlich ihrer ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Nachhaltigkeit zu analysieren und deren Stärken und Schwächen zu identifizieren. Sie können aktuelle Mobilitätsstrategien und -technologien auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse und nachhaltiger Entwicklungsziele konzipieren bzw. entwerfen. Dies betrifft die geometrische und formalästhetische Gestaltung der Transportmittel sowie der Auslegung des Bedieninterfaves und somit die Mensch-System-Interaktion.

Die Teilnehmenden können existierende Mobilitätsangebote (Öffentlicher Verkehr, Logistikanbieter, Vehicle-/Ride-Sharing-Angebote, Mobility as a Service) einordnen und deren Funktionsweise beschreiben. Sie sind in der Lage, Herausforderungen für den Betrieb unterschiedlicher Mobilitätsangebote zu beurteilen und Lösungsansätze zu gestalten – insbesondere von Flotten-basierten Angeboten. Sie sind imstande, Verkehrs- und Flottenmanagement-Systeme (inkl. Optimierungsmethoden) zu bewerten.

Die Teilnehmenden sind fähig, Geschäftsmodelle von Mobilitätsdiensten zu entwerfen. Sie können bestehende Geschäftsmodelle analysieren und Methoden der Geschäftsmodell-Modellierung anwenden.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, Nutzerbedürfnisse und -verhalten und Faktoren der Usability und Nutzerakzeptanz abzuleiten und zu bewerten. Sie sind imstande, Usability-Probleme zu analysieren und Lösungen für diese Probleme zu entwickeln. Dabei können sie Methoden des User-Centered-Designs anwenden. Sie können aktuelle Beispiele anhand dieser Methoden analysieren und beurteilen und die Methoden eigenständig zur Lösung von Problemen einsetzen.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, rechtliche Rahmenbedingungen und ethische Aspekte von Mobility Services zu beurteilen und können diese auf den Betrieb autonomer Mobilitätssysteme übertragen. Sie können Fragestellungen der Mobilitätsplanung (Stadtplanung) und Auswirkungen von Mobilitätsdiensten auf Städte definieren. Die Teilnehmenden sind imstande, selbst Lösungen für ausgewählte Mobility-Services-Problemstellungen zu entwickeln und zu beurteilen.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind instande, komplexe Themenstellungen aus verschiedenen Perspektiven darzustellen. Sie können Argumente entwickeln und verteidigen sowie kooperativ Lösungen entwickeln.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl im Team als auch selbstständig Probleme zu lösen, indem sie gesehene Konzeptstrukturen überdenken. Sie können Ergebnisse diskutieren und interpretieren und sich selbst organisieren.

Die Teilnehmenden können selbstständig neue Themengebiete erarbeiten, Informationen bewerten, praktische Schlussfolgerungen ziehen, neue Lösungen entwickeln und dabei sowohl gesellschaftliche/soziale als auch ökologische und ökonomische Aspekte berücksichtigen. Dadurch sind die mit dem zivilgesellschaftlichen Engagement verbundenen Ziele, die ganzheitliche Bildung der Studierenden zu fördern, erreicht.

Literatur

- Bubb, H.; Bengler, K; Grünen R.; Vollrath M.: *Automobilergonomie*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015. ISBN-13: 9783834818904, ISBN-10: 3834818909
- Macey, S.; Wardle, G.: *H-Point: The fundamentals of car design & packaging*. 2nd Edition, Culver City: Design Studio Press, 2014. ISBN-13: 9781624650192, ISBN-10: 1624650198
- Bender, B. & Gericke, K.; Pahl/Beitz, *Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*. Springer Vieweg, 2020. ISBN-13: 9783662573020, ISBN-10: 3662573024
- Seeger, H.: *Basiswissen Transportation Design, Anforderungen, Lösungen, Bewertungen*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014. ISBN-13: 9783658044480, ISBN-10: 9783658044480
- Bock, Benno, & Robert Schönduwe (2021): *Black Box Mobility. Mobilitätsanalysen mit Nachfragedaten*. Berlin
- Creutzig, Felix (2016): *Evolving Narratives of Low-Carbon Futures in Transportation*. In: *Transport Reviews* 36 (3), S. 341-360.
- Geels, Frank W. & Johan Schot (2007): *Typology of sociotechnical transition pathways*. In: *Research Policy* 36 (3), S. 399-417.
- Kagerbauer, Martin, Carsten Sommer, Claudia Nobis, Carsten Gertz, et al. (2018): *Definitionen zu Multi- und Intermodalität*. In: *Straßenverkehrstechnik* 62 (5), S. 366-372.
- Reck, Daniel J., David A. Hensher & Chinh Q. Ho (2020): *MaaS bundle design*. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 141, S. 485-501.
- Kamargianni, M., Matyas, M., & Li, W. (2018). *The Business Ecosystem of Mobility-as-a-Service*. In M. Finger &
- M. Audouin (Eds.), *The Governance of Smart Transportation Systems* (pp. 37–51). Cham: Springer.
- Hensher, D. A., Mulley, C., & Nelson, J. D. (Eds.). (2020). *Mobility as a Service: The Road to TransportIntegration*. Elsevier.
- Holden, Erling, David Banister, Stefan Gössling, Geoffrey Gilpin, et al. (2020): *Grand*

Narratives for sustainable mobility: A conceptual review. In: *Energy Research & Social Science* 65

- Gerike, R. (2012). How to make sustainable transportation a reality: The development of three constitutive task fields for transportation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(6), 891–899.
- Hülsmann, F., Ketzler, M., & Gerike, R. (2014). Modelling Traffic and Air Pollution in an Integrated Approach – The Case of Munich. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 30, 47–61.
- Hunecke, M. (2015). *Mobilitätsverhalten verstehen und verändern. Psychologische Beiträge zur interdisziplinären Mobilitätsforschung (Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Vol. 26)*. Wiesbaden.
- Gerike, R., & Parkin, J. (Eds.). (2016). *Cycling Futures – From Research into Practice*. Farnham: Ashgate.
- Schwedes, O. (Ed.). (2017). *Verkehrspolitik: Eine interdisziplinäre Einführung*. Wiesbaden: Springer VS.
- European Commission. (2013). *Guidelines for Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan (SUMP)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Entwicklungsmethoden & Funktionale Sicherheit

Die Teilnehmenden können die verschiedenen Normen und Vorgehensweisen zur Gewährleistung der funktionalen Sicherheit in der Automobilindustrie definieren und beurteilen. Dies schließt sowohl die verwendeten Entwicklungsmethoden als auch Methoden zur Verifikation und Validation ein. Besonderes Augenmerk wird dabei auf umfelderfassende Systeme gelegt.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02002
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02102
Modulart	Pflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Frank Niewels
Studiensemester	1
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	46 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	104 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundlagen in Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Entwicklungsmethoden & Funktionale Sicherheit
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Prof. Dr. Frank Niewels, Dr. Carsten Patz
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

Die Teilnehmenden erlernen die Terminologie zur qualitativen und quantitativen Beschreibung von Sicherheits- und Zuverlässigkeitszielen. Unter besonderer Berücksichtigung von Fahrzeugfunktionen werden schließlich Methoden der Verifikation und Validierung behandelt.

1. Entwicklungsmethoden

1.1 Kritische Systeme

- Rechtliche Grundlagen

- Eigenschaften kritischer, technischer und soziotechnischer Systeme
- Fehler und Fehlermodelle

1.2 Vorgehensmodelle bei der Entwicklung softwarebasierter Systeme

- Prozessschritte des V-Modells
- Vergleich des V-Modells mit agilen Vorgehensmodellen
- Vergleich des V-Modells mit dem Unified Process

1.3 Verifikation und Validierung

- Statische und dynamische Methoden
- Methoden zur Simulation vernetzter Systeme
- Test
- Organisation und Werkzeuge
- Testdurchführung und Testende-Kriterien

2. Funktionale Sicherheit

Die Teilnehmenden können die Anforderungen, die die einschlägige Norm (ISO 26262) an einen Entwicklungsprozess stellt, bewerten. Die Entwicklungsschritte der risikobasierten Spezifikation werden vermittelt und in vereinfachter Form geübt. Die Teilnehmenden erlernen Methoden zur Gefahrenanalyse, Risikoanalyse, Risikozerlegung und der Risikoreduktion.

2.1 Funktionale Sicherheit in der Automobilindustrie

- Grundlagen der funktionalen Sicherheit und IEC 61508
- Funktionale Sicherheit in der Fahrzeugtechnik, ISO 26262 (inkl. Abgrenzungen)
- Gefahrenanalyse und Risikobewertung
- Risikobasierte Spezifikation von Sicherheitszielen und -anforderungen
- Risikozerlegung / Dekomposition (Fault Tree Analysis)
- Risikoreduktion
- Architekturen für sichere und zuverlässige Systeme

2.2 Umfeldfassende Systeme

- Besonderheiten und Abgrenzung
- Risikobewertung am Beispiel Automatische Notbremse
- Statistisches Verfahren zur Validation des Sicherheitsziels
- Ausblick: „SOTIF“

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind imstande, die rechtlichen Rahmenbedingungen bei der Entwicklung sicherheitsrelevanter Systeme zu definieren und können die Terminologie bei der Beschreibung von Sicherheits- und Zuverlässigkeitszielen richtig verwenden. Die Teilnehmenden sind in der Lage, für ein gegebenes System eine Gefahren- und Risikoanalyse durchzuführen und Entwicklungsmethoden entsprechend der gefundenen Risiken auszuwählen.

Die Teilnehmenden können den Reifegrad eines kritischen Systems anhand von Validierungsergebnissen beurteilen. Sie sind imstande, Methoden der risikobasierten Spezifikation an gegebenen Beispielen anzuwenden.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, komplexe Fragestellungen zu bewerten, aufzubereiten und im Rahmen eines Vortrages für Nichtfachleute verständlich vorzutragen.

Literatur

- Ian Sommerville, Software Engineering, Pearson, ISBN 978-3-86894-099-2; G. Leveson, Safeware, System Safety and Computers, Addison Wesley 1995, ISBN 0-201-11972-2.
- Ludwig, H. Lichter, Software Engineering, dpunkt.verlag, 2010, ISBN 978-3-89864-662-8.
- -L. Ross, Functional Safety for Road Vehicles, Springer International Publishing, 2016, ISBN 978-3-319-33360-1.
- ISO 26262: International Standard Road vehicles – Functional Safety, 2100.
- Weitzel, A., Winner, H., et al.: Absicherungsstrategien für Fahrerassistenzsysteme mit Umfeldwahrnehmung. Forschungsbericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Fahrzeugtechnik. Verlag neue Wissenschaft, Bremerhaven (2014).
- Ross, H.-L.: Funktionale Sicherheit im Automobil. Carl-Hanser Verlag, München Wien (2014).

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 im Hinblick auf die Anwendung in nachhaltigen Systemen, beispielsweise aus dem Bereich Elektromobilität, fachübergreifend zu betrachten.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02003
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02103
Modulart	Pflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Gerd Wittler
Studiensemester	1
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	46 h
Workload geleitetes E-Learning	10 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	94 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Kenntnisse in Mathematik, Regelungstechnik, Elektrotechnik, Technische Mechanik von Vorteil
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Systemsimulation
Ermittlung der Modulnote	100 % Projektarbeit
Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Gerd Wittler, Dr. Manuel Warwel
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLP Eigenständige Ableitung, Implementierung und Analyse eines Systemmodells mit einem Simulationsprogramm nach Aufgabenstellung. Dokumentation (Bericht 15-20 Seiten) und Präsentation (15-20 Minuten) der Ergebnisse. Die Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgt in Kleingruppen.
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Vorlesung Systemsimulation

- 1.1 Einleitung und Motivation
- 1.2 Grundlagen der signalfussorientierten Systemmodellierung
- 1.3 Anwendung Numerischer Simulationsverfahren und Echtzeitsimulation
- 1.4 Modellbildung von Streckenmodellen (mechanisch/ elektrisch/ thermisch / usw.)
- 1.5 Identifikationsverfahren im Zeit- und Frequenzbereich
- 1.6 Modellierung informationsverarbeitender Systeme

2. Rechnerlabor Systemsimulation

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

Fachkompetenz

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

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden können sowohl selbstständig als auch im Team Aufgaben bearbeiten und Problemstellungen lösen. Sie sind in der Lage, gelernte Methoden 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.

Energiemanagement & Betriebsstrategie

Die Teilnehmenden können die energetische Betriebsstrategie elektrifizierter Fahrzeuge analysieren. 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 sind außerdem imstande, die Klimatisierung von Speichersystemen und der Fahrgastzelle für Sommer- und Winterbetrieb zu bewerten und können Systemkomponenten im Gesamtfahrzeug numerisch und messtechnisch auslegen und absichern.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02004
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02104
Modulart	Pflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Moritz Gretzschel
Studiensemester	1
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	44 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	106 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	keine besonderen Vorkenntnisse erforderlich; naturwissenschaftliches/ingenieurwissenschaftliches Studium von Vorteil
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Energiemanagement & Betriebsstrategie
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Prof. Dr. Moritz Gretzschel, Roland Kleemann
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Elektrische Fahrentscheidung, Zustart und Emissionierung
2. Betriebsmodi, Gesetzliche Anforderungen und Typprüf-Vorschriften
3. Energiemanagement (SOC, Klimatisierung, Thermomanagement) und energetische Vorausschau
4. Aspekte des Wärmemanagements sowie Grundlagen der Thermodynamik
5. Auslegung und Absicherung der Fahrzeugklimatisierung im Sommer und Winterbetrieb
6. Speicher-Thermomanagement im Systemansatz sowie Kopplung von Wärmequellen und Senken.

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 sind in der Lage, den Einfluss von Energiemanagementstrategien in Hinsicht auf Nachhaltigkeit und Ressourcennutzung zu bewerten.

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

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

Semester 2

Wasserstoffherstellung

Die Teilnehmenden sind in der Lage, verschiedene Produktionsverfahren hinsichtlich Effizienz, Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit zu analysieren. Sie können deren technische Herausforderungen sowie Auswirkungen auf die Energiewirtschaft untersuchen. Sie sind imstande, die Nachhaltigkeit und regulatorischen Rahmenbedingungen der Wasserstoffproduktion zu bewerten und deren Eignung für unterschiedliche Anwendungen zu diskutieren. Schließlich können sie Konzepte für nachhaltige Produktionsanlagen, Strategien zur Integration in Energiesysteme und innovative Ansätze zur Effizienzsteigerung entwickeln.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02007
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02201
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Volkmar M. Schmidt
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundkenntnisse in allgemeiner und physikalischer Chemie, Kenntnisse in Thermodynamik und Physik
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Wasserstoffherstellung
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Prof. Dr. Volkmar M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Markus
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Grundlagen der Wasserstofftechnologie

- Physikalisch-chemische Eigenschaften
- Bedeutung in der Energiewende
- Sicherheitsaspekte bei der Produktion, Speicherung und Nutzung

2. Verfahren zur Wasserstoffherstellung

- Elektrolyse (PEM, alkalische, Hochtemperatur-Elektrolyse)
- Dampfreformierung von Erdgas
- Pyrolyse und Biomassevergasung
- Wasserstoffproduktion durch Photokatalyse und biologische Verfahren

3. Technische und wirtschaftliche Aspekte

- Effizienz und Energiebedarf der verschiedenen Herstellungsverfahren
- Kostenanalyse und Wirtschaftlichkeit von Wasserstofftechnologien
- Infrastruktur und Transportmöglichkeiten (Pipeline, Speicherung, Tankstellen)

4. Nachhaltigkeit und Umweltaspekte

- CO₂-Bilanz der verschiedenen Wasserstoffproduktionsmethoden
- Grüner, blauer, grauer und türkiser Wasserstoff: Unterschiede und Potenziale
- Wasserstoff als Energiespeicher für erneuerbare Energien

5. Regulatorische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen

- Nationale und internationale Wasserstoffstrategien
- Förderprogramme und gesetzliche Vorgaben
- Marktpotenziale und Herausforderungen für die Wasserstoffwirtschaft

6. Zukunftsperspektiven und Innovationen

- Forschung und Entwicklung neuer Produktionsmethoden
- Wasserstoff in der Sektorkopplung (Industrie, Verkehr, Stromspeicherung)
- Visionen für eine globale Wasserstoffwirtschaft

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, verschiedene Wasserstoffherstellungsverfahren hinsichtlich ihrer Effizienz, Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit zu vergleichen. Sie können die technischen Herausforderungen bei der Elektrolyse und Reformierung von Erdgas zur Wasserstoffproduktion untersuchen und deren Auswirkungen auf die Energiewirtschaft und CO₂-Bilanz analysieren.

Sie sind imstande, die Nachhaltigkeit verschiedener Wasserstoffproduktionsmethoden unter Berücksichtigung von Ressourcenverbrauch, Emissionen und Kosten zu bewerten. Sie können die regulatorischen Rahmenbedingungen und politischen Anreize für Wasserstoffwirtschaft in verschiedenen Ländern diskutieren und prüfen, welche Wasserstofferzeugungsmethode sich am besten für eine bestimmte industrielle Anwendung eignet.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, ein Konzept für eine nachhaltige Wasserstoffproduktionsanlage unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Faktoren zu entwerfen. Sie können eine Strategie zur Integration von Wasserstoff in bestehende Energiesysteme, z. B. zur Speicherung erneuerbarer Energien, entwickeln.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl selbstständig als auch im Team Probleme zu lösen und die Lösungen zielgruppengerecht zu präsentieren sowie zu verteidigen.

Literatur

- **Büchi, F., Scherer, G., & Schreiner, H.** (2021): *Wasserstoff in der Energiewende: Grundlagen, Anwendungen und Perspektiven*. Springer Vieweg.
- **Wurster, R.** (2022): *Wasserstofftechnologie: Grundlagen, Produktion, Speicherung und Nutzung*. Hanser Verlag.
- **Ball, M., & Weeda, M.** (2015): *The Hydrogen Economy: Opportunities and Challenges*. Elsevier.
- **Winter, C.-J., & Nitsch, J.** (2020): *Wasserstoff als Energieträger: Technik, Systeme, Wirtschaft*. Springer.
- **Holladay, J. D., Hu, J., King, D. L., & Wang, Y.** (2009): *An Overview of Hydrogen Production Technologies*. Elsevier.
- **Smolinka, T., Günther, M., & Garcke, J.** (2023): *Wasserstoffherzeugung durch Elektrolyse: Technologien und Anwendungsmöglichkeiten*. Springer Vieweg.
- **International Energy Agency (IEA)** (2023): *Global Hydrogen Review*. IEA Publications.
- **Agora Energiewende** (2022): *Die Zukunft der Wasserstoffwirtschaft: Szenarien und Strategien*.
- **German Hydrogen Council** (2021): *Wasserstoffstrategie Deutschland: Chancen und Herausforderungen*.

Wasserstoffeigenschaften

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die physikalischen, chemischen und sicherheitstechnischen Eigenschaften von Wasserstoff sowie deren Auswirkungen auf Speicherung, Transport und Nutzung zu analysieren. Sie können Risiken, Materialwechselwirkungen und technische Herausforderungen bewerten und Konzepte für den sicheren und effizienten Einsatz von Wasserstoff in verschiedenen Anwendungen entwickeln.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02008
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02202
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundkenntnisse in allgemeiner und physikalischer Chemie, Kenntnisse in Thermodynamik und Physik
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Wasserstoffeigenschaften
Ermittlung der Modulnote	100% Schriftliche Ausarbeitung und Referat
Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLR schriftliche Ausarbeitung: ca. 10 Seiten, Referat: 20 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Wasserstoffeigenschaften

- Physikalische und chemische Eigenschaften von Wasserstoff
- Vergleich mit anderen Gasen und Energieträgern
- Thermodynamische und kinetische Aspekte

2. Speicherung und Transport von Wasserstoff

- Aggregatzustände und deren Einfluss auf Lagerung
- Methoden der Wasserstoffspeicherung (Druckgas, Flüssigwasserstoff, Metallhydrid, LOHC)
- Herausforderungen beim Transport (Leitungen, Tanks, Kyrotechnik)

3. Wechselwirkungen mit Materialien

- Wasserstoffversprödung und Materialermüdung
- Diffusionsverhalten in Metallen und Kunststoffen
- Korrosionsmechanismen und Schutzmaßnahmen

4. Sicherheits- und Umweltaspekte

- Explosions- und Brandverhalten von Wasserstoff
- Sicherheitskonzepte und gesetzliche Vorschriften
- Umweltbilanz und Nachhaltigkeit der Wasserstoffnutzung

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Wasserstoff im Vergleich zu anderen Energieträgern zu untersuchen und die Wechselwirkungen mit verschiedenen Materialien, insbesondere im Hinblick auf Versprödung und Diffusion zu analysieren. Sie können die sicherheitstechnischen Herausforderungen beim Umgang mit Wasserstoff und den konventionellen Brennstoffen vergleichen. Sie sind imstande, die Auswirkungen der besonderen Eigenschaften auf dessen Speicherung, Transport und Nutzung zu bewerten sowie die Risiken und Sicherheitsmaßnahmen insbesondere im Umgang in der mobilen Anwendung zu beurteilen. Die Teilnehmenden können die Bedeutung der thermodynamischen Eigenschaften von Wasserstoff für seine Verwendung in der Automobiltechnik diskutieren. Sie sind in der Lage, ein Konzept für den sicheren und effizienten Einsatz von Wasserstoff in einer mobilen Anwendung zu entwickeln. Außerdem können sie Strategien zur Optimierung von Wasserstoffspeicherung und -transport unter Berücksichtigung seiner physikalischen Eigenschaften erarbeiten.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind fähig, komplexe technische Zusammenhänge zu verstehen und kritisch zu hinterfragen. Sie sind in der Lage, Lösungsansätze für technische Herausforderungen zu entwickeln und können Forschungsergebnisse sowie technische Daten kritisch bewerten. Sie sind imstande, technische Inhalte an verschiedene Zielgruppen verständlich zu vermitteln und in interdisziplinären Teams zur Lösung komplexer Fragestellungen zusammenzuarbeiten.

Literatur

- **Wurster, R.** (2022): *Wasserstofftechnologie: Grundlagen, Produktion, Speicherung und Nutzung*. Hanser Verlag.
- **Winter, C.-J., & Nitsch, J.** (2020): *Wasserstoff als Energieträger: Technik, Systeme, Wirtschaft*. Springer.
- **Büchi, F., Scherer, G., & Schreiner, H.** (2021): *Wasserstoff in der Energiewende: Grundlagen, Anwendungen und Perspektiven*. Springer Vieweg.
- **Gisbert, B.** (2018): *Hydrogen Properties for Energy Storage: A Scientific Overview*. Elsevier.
- **Züttel, A., Borgschulte, A., & Schlapbach, L.** (2008): *Hydrogen as a Future Energy Carrier*. Wiley-VCH.
- **Lindsay, S. M.** (2010): *Introduction to Hydrogen Chemistry and Physics*. Cambridge University Press.
- **Smolinka, T., Günther, M., & Garcke, J.** (2023): *Wasserstoffherzeugung durch Elektrolyse: Technologien und Anwendungsmöglichkeiten*. Springer Vieweg.
- **Ohrdes, H., & Thiele, S.** (2022): *Sichere Wasserstofftechnologien: Grundlagen, Materialien, Anwendungen*. Hanser Verlag.
- **Klebanoff, L. E. (Ed.)** (2016): *Hydrogen Storage Technology: Materials and Applications*. CRC Press.
- **European Hydrogen Safety Panel (EHSP)** (2021): *Guidelines for Safe Hydrogen Handling and Use*. EU Publications.
- **Pasman, H. J., & García-Agreda, A.** (2020): *Hydrogen Safety Engineering: Fundamentals and Case Studies*. Elsevier.

Wasserstoffnutzung

Die Teilnehmenden können die theoretische und praktische Nutzung von Wasserstoff und seine Derivate als Energieträger, insbesondere in der mobilen Anwendung, analysieren. Sie sind in der Lage, die Nutzung von Wasserstoff in seinen chemisch-physikalischen Zusammenhängen einzuordnen. Die Teilnehmenden sind fähig, die technologischen Lösungen zur Nutzung von Wasserstoff anzuwenden und Auslegungskonzepte abzuleiten.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02009
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02203
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	36 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	114 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundkenntnisse in allgemeiner und physikalischer Chemie, Kenntnisse in Thermodynamik und Physik
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Wasserstoffnutzung
Ermittlung der Modulnote	100% schriftliche Ausarbeitung mit Präsentation
Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki, Prof. Dr. Ralf Wörner
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	a) PLR schriftliche Ausarbeitung: ca. 10 Seiten, Referat: 20 Minuten b) PLL Versuchsbericht, ca. 3 Seiten; unbenotet
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Nutzung von Wasserstoff

- 1.1 Brennstoffzellen und Systeme
- 1.2 Thermische Nutzung von Wasserstoff
- 1.3 Wasserstoffinfrastruktur in der mobilen Anwendung
- 1.4 Betankungsvorgänge
- 1.5 Wasserstoff als Ausgangsprodukt für Synthetische Kraftstoffe

2. Laborübung Wasserstofftechnologie

- 2.1 Brennstoffzelle
- 2.2 Betankung von Wasserstofffahrzeugen

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können ihre chemischen, physikalischen und technologischen Kenntnisse anwenden, um die Nutzung von Wasserstoff und seinen Derivaten zu bewerten. Sie können Anlagen zur Nutzung von Wasserstoff in ihren Dimensionen und Funktionen auslegen und daraus konstruktive Lösungen ableiten.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl selbstständig als auch im Team Probleme zu lösen und die Lösungen zielgruppengerecht zu präsentieren sowie zu verteidigen.

Literatur

- Press, R.J., Santhanam, K.S.V., u.a.: *Introduktion to Hydrogen Technology*, John Wiley Verlag 2009
- Kurzweil, P.: *Brennstoffzellentechnik* Springer Vieweg Verlag 2013
- Töpfer, J.; Lehmann, J.: *Wasserstoff und Brennstoffzelle*, Springer Vieweg, 2017

Wasserstoffwirtschaft

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Prozesskette einer Produktion, über die Distribution und die Anwendung von Wasserstoff als Energieträger in der mobilen Anwendung, einzuordnen. Die Teilnehmenden sind fähig, systemische Analysen zum Vergleich unterschiedlicher konkurrierender Energieträger anzuwenden. Sie können daraus abgeleitete Anwendungen in 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 genannte Business-Cases ausarbeiten.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02010
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02204
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Ralf Wörner
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundkenntnisse in allgemeiner und physikalischer Chemie, Kenntnisse in Thermodynamik und Physik.
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Wasserstoffwirtschaft
Ermittlung der Modulnote	100% Referat
Lehrende	Dr. Oliver Ehret, Prof. Dr. Ralf Wörner
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLR schriftliche Ausarbeitung ca. 10-15 Seiten; Referat 30 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Übersicht und Einführung in wirtschaftliche Aspekte von Wasserstoff als Energieträger
2. Wirtschaftliche Bewertung der Verfahren und Prozesse zur Erzeugung, Transport, Lagerung und Wandelung des Energieträgers Wasserstoff
3. Beschreibung der Wirtschaftlichkeit von Energiewandlern zur Nutzung von Wasserstoff als Energieträger in mobilen Anwendungen
4. Bilanzierung und Vergleich mittels Well-to-Wheel sowie Cradle-to-Grave-Methodik
5. 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 und hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit analysieren. Sie sind in der Lage, die betrachteten Prozesse und Verfahren unter Anwendung der Bilanzierungsmethoden WtW / LCA hinsichtlich der Nachhaltigkeit zu bewerten. Die Teilnehmenden können durch die Vermittlung von Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse (TCO, LCC) Gestaltung von Geschäftsmodellen in der Wasserstoffwirtschaft analysieren.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, in Kleingruppen Problemlösungen zu finden und diese argumentativ zu verteidigen. Sie können realitätsnahe Problemstellung eigenständig bearbeiten und Lösungsvorschläge erstellen.

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.

Elektrische Antriebe

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

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02011
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02205
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Ralf Wörner
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: 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 Formal: Keine
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Elektrische Antriebe
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Herr Felix Gliese, Herr Prof. Dr.-Ing. Oliver Lehmann, Prof. Dr. Ralf Wörner
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	a) PLK 90 b) PLL Versuchsbericht, ca. 10 Seiten; unbenotet
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Elektrische Maschinen und Antriebe

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

2. Modellbasierte Regelung elektrischer Antriebe

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

3. Labor Elektrische Maschinen und Antriebe

- 3.1 Aufbau von Prüffeldern für elektrifizierte Antriebe im KFZ
- 3.2 Prüfung eines elektrischen Traktionsantriebs für Elektro- oder Hybrid-Fahrzeug
- 3.3 Modellbildung und Simulation der Dynamik eines Antriebssystems; Entwurf und Modellbildung von Drehmomenten-, Drehzahl- und Positionsreglern
- 3.4 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 die wichtigen Einflussparameter des Entwurfs auf das Antriebsverhalten zu berücksichtigen. 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, Toolboxes, 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.

Leistungselektronik & 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.

Darüber hinaus können sie komplexe leistungselektronische Systeme unter Berücksichtigung sicherheitstechnischer Anforderungen bewerten, verschiedene Wandler- und Invertertopologien hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten vergleichen und begründet beurteilen. Sie sind fähig, konkrete Sicherheitsmaßnahmen für Hochvoltsysteme zu entwickeln und auf unterschiedliche Anwendungsszenarien in der Elektromobilität zu übertragen. Die Teilnehmenden können Simulationsmodelle in Matlab/Simulink zielgerichtet aufbauen, analysieren und zur Optimierung von Schaltungen nutzen sowie eigenständig praxisnahe Lösungsansätze für neue Problemstellungen im Bereich der Leistungselektronik und Sicherheitstechnik konzipieren und argumentativ vertreten.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02012
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02206
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Rainer Uhler
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	40 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	110 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Kenntnisse in Mathematik, Regelungstechnik, Elektrotechnik, Technische Mechanik, Schwingungslehre, Funktionsprinzipien der Energiewandlung, Elektrische Bauteile im Kontext der Leistungselektronik
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Leistungselektronik & Sicherheitskonzepte
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Martin Neuburger, Prof. Dr.-Ing. Rainer Uhler
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	a) PLK 90 Minuten b) PLL ca. 10 Seiten; unbenotet
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Leistungselektronik und Steuergeräte / Sicherheitskonzepte

1.1 Standard Converter Topologien

- Buck Converter
- Boost Converter
- Single Phase Half Bridge Converter
- Single Phase Full Bridge Converter
- Three Phase PWM Voltage Sourc Inverter
- Pulse Width Modulation Methods

1.2 Sicherheitskonzepte der E-Mobilität

- Gefahren des elektrischen Stroms
- Elektrische Sicherheitstechnik
- Sicherheitsregeln
- Eigensichere Hochvoltssysteme
- Ladekonzepte
- Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen

2. Labor Schaltungsmodellierung und -simulation

2.1 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 können die Funktionsweise der ausgewählten selbstgeführten Stromrichterschaltungen wiedergeben sowie die hierfür gängigsten Ansteuerverfahren erläutern. 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, neueste Auflage
- D. Anke, Leistungselektronik, München, Wien, Oldenburg, Verlag, neueste Auflage
- W. Hirschmann, A. Hauenstein, Schaltnetzteile, Berlin, München: Siemens AG, neueste Auflage
- O. Klingenstein, Schaltnetzteile in der Praxis, Würzburg: Vogel-Verlag, neueste Auflage
- R. Jäger, E. Stein, Übungen zur Leistungselektronik, Berlin, Offenbach: VDE-Verlag, neueste Auflage
- U. Schlienz, Schaltnetzteile und ihre Peripherie, ISBN 3-528-13935-8, vieweg-Verlag, neueste Auflage
- Haitham Abu-Rub: High Performance Control of AC Drives with Matlab / Simulink Models, Wiley, neueste Auflage
- Skript zur Vorlesung „Leistungselektronik und Steuergeräte/Sicherheitskonzepte“, neueste Auflage
- Versuchsbeschreibungen der jeweiligen Labortermine, neueste Auflage

Testing & Validierung elektromobiler Fahrzeugsysteme

Die Teilnehmenden können die Begriffe und Methoden zu elektrischen Antrieben und insbesondere der elektrischen Maschine definieren und anwenden. Sie sind in der Lage, typische Messgrößen von Elektrofahrzeugen (Ströme, Spannungen, Ladezustand, ...) an einem Fahrzeug zu identifizieren, zu erfassen und zu verarbeiten. Sie können dynamische Modelle für das Fahrzeug aufstellen, um reale Fahrprofile zu erhalten und mit den Messergebnissen für die Profile abzugleichen. Die Teilnehmenden sind imstande, typische Kenngrößen für batterieelektrische Fahrzeuge zu erarbeiten.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02013
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02207
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Moritz Gretzschel
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundkenntnisse in Elektrischer Antriebstechnik, Fahrzeugantriebe, Kraftfahrzeugtechnik, Fahrzeugdynamik, Messtechnik und Messdatenverarbeitung (MATLAB/Simulink)
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Testing & Validierung elektromobiler Fahrzeugsysteme
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Herr Dr.-Ing. Carsten Karthaus
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLP
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Elektrische Fahrzeugsysteme über Labor Komponenten
2. Systemdynamik und Test von Elektrofahrzeugen

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, typische Messgrößen von Elektrofahrzeugen (Ströme, Spannungen, Ladezustand, ...) an einem Fahrzeug zu erfassen, zu verarbeiten und zu bewerten. Für reale Fahrprofile können sie dynamische Modelle für das Fahrzeug aufstellen und mit den Messergebnissen für die Profile abgleichen. Sie sind außerdem imstande, z.B. Ladekennlinien zu analysieren und hinsichtlich des Wirkungsgrades zu bewerten. Die Teilnehmenden können die Produktentstehungsprozesse von Automobilherstellern und Lieferanten sowie verschiedene Entwicklungs- und Produktionsaspekte zu Fahrzeugkonzepten in der Elektromobilität beurteilen. Sie sind in der Lage, die Auswirkungen nachhaltiger Testverfahren auf die Langlebigkeit, Recyclingfähigkeit und Umweltfreundlichkeit elektromobiler Fahrzeugsysteme zu bewerten. Außerdem können sie effizient mit Kosten umgehen sowie über technische Realisierbarkeiten entscheiden.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl im Team als auch selbstständig Probleme zu lösen, indem sie gesehene Konzeptstrukturen überdenken. Sie können Ergebnisse diskutieren und interpretieren sowie sich organisieren.

Literatur

- Keichel, M.; Schwedes, O.: Das Elektroauto – Mobilität im Umbruch. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- Babel, G.: Elektrische Antriebe in der Fahrzeugtechnik. Wiesbaden: Vieweg Teubner Studium, 2012.
- Lienkamp, M.: Elektromobilität 2018: Der Kunde wird es entscheiden. Abzurufen unter https://www.researchgate.net/publication/323486141_Status-Elektromobilitaet-2018-HL.
- H. Wallentowitz, Strategie zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs. c) Praktische Vorführung zur Entwicklung von E-Fahrzeugen und über Zulieferer Hybridtechnologien

Antriebsstrang & Erprobung

Die Teilnehmenden sind in der Lage, verschiedene Ausprägungen der Fahrzeugelektrifizierung (MHEV, HEV, PHEV, E-REV, BEV) und topologische Antriebskonzepte (parallel, seriell, leistungsverzweigt, straßenverkoppelt) zu bewerten. Sie können vor allem die Systemzusammenhänge bewerten und die Grenzen der jeweiligen Konzepte und der gegenseitigen Abhängigkeiten von Elektrifizierungsgrad und Antriebstopologie beurteilen. Dies umfasst die detaillierte Analyse elektrifizierter Getriebekonzepte, ihrer Betriebsarten und die gesamthafte Auslegung des elektrifizierten Triebstrangs.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02014
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02208
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Moritz Gretzschel
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	36 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	114 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundkenntnisse in Kraftfahrzeugtechnik, Fahrzeugantrieben, Fahrzeugdynamik
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Antriebsstrang & Erprobung
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Prof. Dr. Moritz Gretzschel
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Antriebsstrang und -systeme
2. Elektrifizierungsgrad und Ausprägung
3. Antriebs- und Getriebetopologien elektrifizierter Fahrzeuge
4. Analyse, Auslegung und Betriebsgrenzen von Hybridgetrieben
5. Fahrdynamik im elektrischen und hybridischen Betrieb
6. Rekuperationspotenzial und –Strategien Labor Antriebsstrang und -systeme
7. Besichtigung von Antriebsstrang- und Rollprüfstand
8. Installation und Inbetriebnahme von Messtechnik im Versuchsfahrzeug
9. Aufzeichnen einer Versuchsfahrt, Darstellung und Interpretation der Ergebnisse
10. Programmieren eines Drehzahl- und Drehmomentenrechners zur Interpretation der Ergebnisse

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können verschiedene Ausprägungen der Fahrzeugelektrifizierung (MHEV, HEV, PHEV, E-REV, BEV) und topologische Antriebskonzepte (parallel, seriell, leistungsverzweigt, straßenverkoppelt) unterscheiden und deren Merkmale benennen. Darüber hinaus können sie selbstständig einfache Simulationsprogramme entwickeln, um den Verlauf der Drehzahlen und Drehmomente aller Komponenten eines Hybridgetriebes zu berechnen und mit der Fahrzeugmessung zu vergleichen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, verschiedene Antriebsstrang-Konzepte unter Berücksichtigung von Effizienz, Recyclingfähigkeit und Einsatz erneuerbarer Energien bezüglich des Nachhaltigkeitsaspekts zu beurteilen.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, gemeinsam am Fahrzeug zu experimentieren und die Ergebnisse zu diskutieren. Sie können selbstständig Berechnungswerkzeuge programmieren.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl im Team als auch selbstständig Probleme zu lösen, indem sie gesehene Konzeptstrukturen überdenken. Sie können Ergebnisse diskutieren und interpretieren sowie sich organisieren.

Literatur

- Skript zur Vorlesung
- K. Hofer; Elektrische Antriebe in Fahrzeugen, neueste Ausgabe
- P. Hofmann, Hybridfahrzeug, neueste Ausgabe
- H. Schäfer, Praxis der elektrischen Antriebe für Hybrid- und Elektrofahrzeuge, neueste Ausgabe
- H. Wallentowitz, Strategie zur Elektrifizierung des Antriebsstrangs, neueste Ausgabe

Sensorik & Embedded Systems

Die Teilnehmenden können die Zusammenhänge zwischen der analogen realen Welt und den digitalen Rechnerstrukturen analysieren. Sie sind in der Lage, die analoge Umgebung eines Fahrzeugs mit Hilfe von unterschiedlichen Sensoren zu digitalisieren, um diese dann mittels digitaler Signalverarbeitung und Computersystemen auszuwerten.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02015
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02209
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Andreas Siggelkow
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	50 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	100 h
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Sensorik & Embedded Systems
Ermittlung der Modulnote	100 % Klausur (60% Teil Embedded Systems, 40% Teil Sensoren)
Lehrende	Prof. Dr. Eberhard Binder, Prof. Dr.-Ing. Andreas Siggelkow
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Sensoren
2. System on Chip
3. Embedded Systems
4. Cyber Physical Systems
5. Modellierung

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können die verschiedenen Methoden, Kleinstrechner (Embedded Systems) mit der Umwelt (Sensoren) interagieren (Cyber Physical Systems) zu lassen beurteilen. Sie können dieses Wissen anwenden, um zu analysieren, welche Art von System benötigt wird und können dieses konstruieren. Sie sind in der Lage, zu beurteilen, welche Teile des Algorithmus in Hardware und welche Teile in Software implementiert werden sollten.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, eine Problemstellung zu analysieren und die geeigneten ingenieurwissenschaftlichen Methoden anzuwenden, um dieses Problem zu lösen.

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

a) Embedded Systems

- Marwedel, Peter: Embedded System Design, Springer 2011
- David C. Black, Jack Donovan, Bill Bunton, Anna Keist: SystemC: From the Ground Up, Second Edition, Springer 2014.
- David Patterson & John Hennessy: Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface; Edition: RISC-V 5th. Edition; Morgan Kaufmann / Elsevier, 2017.
- David Patterson & John Hennessy: Computer Architecture: A Quantitative Approach, Morgan Kaufmann / Elsevier, 2017.

b) Sensoren

- Winner, H., Hakuli, S., Lotz, F., Singer, C. (Hrsg.): Handbuch Fahrerassistenzsysteme, Springer, 2015.

Sensordatenfusion & Lokalisierung/Mapping

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Möglichkeiten der Fusion verschiedener Sensordaten zur Umfeldwahrnehmung zu analysieren und zu beurteilen. Aufbauend hierauf können sie bewerten, wie ein autonom fahrendes Fahrzeug eine eigene Karte seines Umfelds erstellt und sich hierin lokalisiert.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02016
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02210
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Frank Niewels
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	46 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	104 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Mathematikkenntnisse, insbesondere Stochastik
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Sensordatenfusion & Lokalisierung/Mapping
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Prof. Dr. Frank Niewels, Prof. Dr. Martin Stämpfle
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Sensordatenfusion zeitvarianter und zeitinvarianter Größen

- 1.1 Datenfusion zeitinvarianter Größen
- 1.2 Zustandsraumbeschreibung zeitvarianter Größen
- 1.3 Klassisches und adaptives Kalman-Filter (ROSE-Filter)
- 1.4 Nichtlineare-Filter (Spezielle Gauß-Filter, Partikelfilter)
- 1.5 Erweitertes Kalman-Filter

2. SLAM: (Simultaneous) Localization and Mapping

- 2.1 Motivation Lokalisierung und Mapping für automatisiertes Fahren
- 2.2 Taxonomien
- 2.3 Problemstellung Feature based SLAM
- 2.4 SLAM und Kalman-Filter (z. B. EKF SLAM)
- 2.5 SLAM und Partikelfilter (z. B. FastSLAM)
- 2.6 Grid Mapping

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, auf Basis des Vorlesungsstoffs für zeitinvariante und zeitvariante Problemstellung eine Datenfusion durchzuführen.

Die Teilnehmenden können die Herleitung der Kalman-Filter-Gleichungen nachvollziehen. Die hierzu zu Grunde liegenden Annahmen können sie bewerten und sind in der Lage, Kalman-Filter und Partikelfilter zu entwerfen.

Sie sind imstande, die Relevanz und die Hintergründe von SLAM für das automatisierte Fahren zu beurteilen.

Die Teilnehmenden können die Herleitung der formalen Problemstellung für Feature-based SLAM nachvollziehen und sind in der Lage, die Anwendung der zuvor erlernten Lösungstechniken Kalman-Filter und Partikelfilter hierauf zu erläutern.

Sie sind fähig, in praktischen Übungen das Erlernte in einem Micro Controller zu implementieren.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden können sowohl selbstständig als auch im Team Aufgabe bearbeiten und Problemstellungen lösen. Sie sind in der Lage, die erlernten Methoden auch außerhalb des fachlichen Gegenstandsbereichs anzuwenden.

Literatur

a) Sensordatenfusion zeitvarianter und zeitinvarianter Größen

- Brown, R. G.; Hwang, P. Y. C.: "Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering", Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- Simon, Dan: "Optimal State Estimation", John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- Marchthaler, R.; Dinger S.: "Kalman-Filter - Einführung in die Zustandsschätzung und ihre Anwendung für eingebettete Systeme", Springer-Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2017, <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-658-16728-8.pdf>

b) SLAM: Simultaneous Localization and Mapping

- Thrun, S.; u.a.: "Probabilistic Robotics", MIT Press, 2005.
- Siciliano, B.; Khatib, O. (Eds.): "Handbook of Robotics", Springer Verlag, 2016.

Bahnplanung & Motion Control

Die Teilnehmenden sind in der Lage, verschiedene Algorithmen der Bahnplanung und Motion Control im automatisierten Fahren hinsichtlich Effizienz, Sicherheit und Realisierbarkeit zu analysieren und können deren Einsatz in dynamischen Umgebungen unter Berücksichtigung von Sensordaten und Optimierungsverfahren evaluieren. Sie sind imstande, eigene Regelungs- und Bahnplanungsstrategien zu entwickeln und diese in Simulationsumgebungen wie MATLAB/Simulink oder ROS zu implementieren sowie deren Leistung anhand geeigneter Teststrategien zu validieren. Durch interdisziplinäre Zusammenarbeit und wissenschaftliche Kommunikation sind sie in der Lage, innovative Lösungsansätze für die sichere und präzise Fahrzeugführung zu erschaffen.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02017
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02211
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Frank Tränkle
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	50 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	100 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Modellierung und Simulation dynamischer Zustandsraummodelle, Frequenzkennlinien-basierter Entwurf von PID-Regler, Fahrdynamikmodelle für Längs- und Querführung, MATLAB/Simulink oder C++, Teamarbeit
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Bahnplanung & Motion Control
Ermittlung der Modulnote	100% Projektarbeit
Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Thao Dang, NN
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLP
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Bahnkurvendefinition und Bahnfolgeregelung

1.1 Laborprojekt Mini-Auto-Drive

- Systemübersicht
- Softwarearchitektur

1.2 Robot Operating System (ROS)

- Funktionsmerkmale
- Installation
- Softwareentwicklung

1.3 Signale und Systeme

- Modellierung und Simulation dynamischer Systeme mit ROS, C++ oder MATLAB/Simulink

1.4 Fahrdynamikmodellierung und -simulation

- Längsdynamik- und Einspurmodelle
- Simulation in ROS, C++ oder MATLAB/Simulink

1.5 Geschwindigkeitsregelung

- frequenzkennlinienbasierter Reglerentwurf
- Entwicklung in ROS, C++ oder MATLAB/Simulink

1.6 Bahnkurvendefinition

- Frenetsche Formeln
- Kreisbögen, Geraden, Klothoiden
- kubische Splines
- Programmierung in ROS, C++ oder MATLAB/Simulink

1.7 Bahnfolgeregelung

- Führungssignalgenerierung
- Nichtlinearer Zustandsregler
- Nichtlineare Vorsteuerung
- Programmierung in ROS, C++ oder MATLAB/Simulink

2. Situationsanalyse und Navigation

2.1 Situationsanalyse

- Einordnung
- Verhaltenserkennung (Bayes, BNs, DL) und -prädiktion (kartenbasiert, ggf. Übersicht Fußgängerprädiktion)
- Bsp Erkennung Abbiegen

2.2 Navigation

- Einordnung
- Manövermanagement mit State Charts (Einführung Moore/Mealy, Bsp ACC, Harel Statecharts, Bsp KV)
- Grundlagen der Pfad- und Trajektorienplanung (Konfigurations- und Aktionsraum, Kollisionsprüfung, Zwangsbedingungen)
- Verfahren der Pfad- und Trajektorienplanung:
 - Roadmap-basierte Planungsverfahren (Voronoi Diagramme)

- Diskrete Suchverfahren (A*)
- Beispiel Parken, Dubins
- Monte-Carlo-Verfahren (RRT)
- Potentialfelder
- Verfahren der Optimal Steuerung

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, wichtige Verfahren der Verhaltens- und Bahnplanung zu erklären. Basierend auf Fahrdynamikmodellen können sie Geschwindigkeitsregler entwerfen und programmieren. Sie können Bahnkurven mathematisch beschreiben und programmieren. Darauf aufbauend sind sie in der Lage, Bahnfolgeregler zu entwerfen und zu programmieren.

Die Teilnehmenden können Fahrmanöver von selbstfahrenden Fahrzeugen mit Hilfe von Zustandsautomaten modellieren und programmieren. Sie können mit Verfahren der Bahnplanung kollisionsfreie Fahrmanöver berechnen.

Die Teilnehmenden können Bahnkurven in C++ oder MATLAB/Simulink programmieren und interpolieren. Sie können Geschwindigkeits- und Bahnfolgeregler in C++ oder MATLAB/Simulink programmieren. Sie können komplexe Softwaresysteme entwerfen, implementieren und testen.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, Lösungen in einem hochkomplexen Kontext in Teamarbeit zu entwickeln. Sie sind imstande, Schnittstellen zu kollaborierenden Teams zu implementieren und aufrechtzuerhalten.

Literatur

- Tränkle, F.: Autonomous Systems: Path Planning and Control, Manuscript, Hochschule Heilbronn, 2018
- Paden, B., Čáp, M., Yong, S. Z., Yershov, D., & Frazzoli, E. (2016). A Survey of Motion Planning and Control Techniques for Self-Driving Urban Vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 1(1), 33–55. <https://doi.org/10.1109/TIV.2016.2578706>
- Schwarting, W., Alonso-Mora, J., & Rus, D. (2018). Planning and Decision-Making for Autonomous Vehicles. *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, 1, 187–210. <https://doi.org/10.1146/annurev-control-060117-105157>
- Werling, M., Ziegler, J., Groll, L., & Thrun, S. (2012). *Optimal Trajectory Generation for Dynamic Street Scenarios in a Frenet Frame*. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (S. 987–993). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2010.5507423>
- Rajamani, R. (2011). *Vehicle Dynamics and Control* (2. Aufl.). New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1433-9>
- Guzzella, L., & Sciarretta, A. (2013). *Vehicle Propulsion Systems: Introduction to Modeling and Optimization* (3. Aufl.). Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35913-2>
- Ziegler, J., & Stiller, C. (2009). *Fast Collision Checking for Intelligent Vehicle Motion Planning*. In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium* (S. 518–522). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IVS.2009.5164321>

Fahrzeugsysteme & Fahrdynamik

Die Teilnehmenden sind in der Lage, Konzepte zur Integration von Fahrzeugsystemen in eine Gesamtarchitektur für automatisiertes Fahren unter Berücksichtigung von Sicherheits- und Effizienzaspekten zu entwerfen. Sie können bestehende Systemarchitekturen analysieren und deren Eignung für verschiedene Automatisierungsstufen bewerten. Sie sind imstande, die Interaktion von Antriebs-, Brems-, Lenk- und Assistenzsystemen durch simulationsbasierte Ansätze zu optimieren.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02018
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02212
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Alexander Müller
Studiensemester	2
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Fahrzeugsysteme & Fahrdynamik
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	NN
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

- Fahrzeugbewegungen
- Einfluss von Fahrwiderständen und Stabilitätskriterien
- Fahrdynamik-Simulationen
- Systemarchitekturen für autonomes Fahren
- Analyse von Fahrdynamikdaten und Algorithmenbewertung
- Optimierung der Energieeffizienz und Fahrkomfort durch intelligente Steuerung

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden können fahrdynamische Modelle und Regelstrategien für automatisierte Fahrzeuge analysieren und deren Einfluss auf die Fahrzeugstabilität bewerten. Sie sind in der Lage, Sensordaten zur Fahrzeugbewegung und Umfeldwahrnehmung kritisch zu analysieren und deren Genauigkeit zu beurteilen. Sie können verschiedene Konzepte der Fahrzeugregelung (z. B. Längs- und Querverführung) vergleichen und ihre Stärken und Schwächen für automatisiertes Fahren herausarbeiten. Die Teilnehmenden können verschiedene Fahrwerks- und Lenksysteme hinsichtlich ihrer Eignung für hochautomatisiertes Fahren bewerten. Sie sind in der Lage, Algorithmen für Fahrdynamikregelungen kritisch zu beurteilen und deren Effizienz unter variierenden Fahrbedingungen zu bewerten. Sie können verschiedene Sensorkonzepte für automatisierte Fahrzeugsysteme evaluieren und deren Einfluss auf die Fahrsicherheit diskutieren. Die Teilnehmenden sind in der Lage, eigene Fahrdynamikmodelle für automatisierte Fahrzeuge zu entwickeln und simulationsbasiert zu optimieren. Sie können innovative Regelstrategien für die Fahrzeugführung entwerfen und deren Praxistauglichkeit anhand von Simulationen oder realen Fahrversuchen nachweisen.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, Probleme zu analysieren und zu lösen. Sie sind imstande, vernetzt zu denken und können Potenziale und Risiken einer zunehmend digital getriebenen Vernetzung beurteilen. Außerdem können sie selbstreguliert lernen.

Die Teilnehmenden können verschiedene Arbeitsweisen einsetzen und mit Experten aus unterschiedlichen Disziplinen zusammenarbeiten.

Literatur

- **Bubb, H.; Bengler, K; Grünen R.; Vollrath M.:** *Automobilergonomie*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015. ISBN-13: 9783834818904, ISBN-10: 3834818909.
- **Gusig, L.-O.; Kruse, A.:** *Fahrzeugentwicklung im Automobilbau, Aktuelle Werkzeuge für den Praxiseinsatz*. München: Hanser, 2010. ISBN-13: 9783446419681, ISBN-10: 3446419683.
- **Macey, S.; Wardle, G.:** *H-Point: The fundamentals of car design & packaging*. 2nd Edition, Culver City: Design Studio Press, 2014. ISBN-13: 9781624650192, ISBN-10: 1624650198.
- **Pahl, G; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grothe K.-H.; Pahl/Beitz:** *Konstruktionslehre, Grundlagen*. 7. Auflage: Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2006. ISBN-13: 9783540340614, ISBN-10: 3540340610.
- **Seeger, H.:** *Basiswissen Transportation Design, Anforderungen, Lösungen, Bewertungen*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014. ISBN-13: 9783658044480, ISBN-10: 9783658044480.
- **Isermann, R.** (2014). *Fahrzeugmechatronik – Automatische Steuerung und Regelung von Antrieb, Fahrverhalten und Komfortsystemen*. Springer Vieweg.
- **Gillespie, T. D.** (1992). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. SAE International.
- **Kiencke, U., & Nielsen, L.** (2005). *Automotive Control Systems: For Engine, Driveline, and Vehicle*. Springer.

Semester 3

Batteriesysteme

Die Teilnehmenden sind in der Lage, den Aufbau, die Funktionsweise und die Eigenschaften verschiedener Batteriesysteme zu analysieren. Sie können die Leistungsfähigkeit und die Alterung von Batterien anhand elektrischer, thermischer und chemischer Parameter bewerten. Außerdem sind sie fähig, Konzepte zur Optimierung von Batteriesystemen in Bezug auf Energiedichte, Lebensdauer und Nachhaltigkeit zu entwickeln.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02019
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02301
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Volker Knoblauch
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundkenntnisse in Werkstofftechnik, Statik, Festigkeitslehre, Maschinenelemente und Konstruktion, Werkstoffkunde
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Batteriesysteme
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Prof. Dr. Volker Knoblauch, Prof. Dr. Ralf Wörner
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 120 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Technologien und Werkstoffe für Hochleistungsakkumulatoren
2. Elektrochemische Energiewandlung und -speicherung
3. Anwendung moderner Lithium-Ionen-Batterien in der Fahrzeugtechnik
4. Simulation eines Batteriemoduls mittels Matlab-Simulink
5. Thermisches Management von Batteriesystemen
6. Umweltfreundliche Materialien und Herstellungsverfahren

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die chemischen, elektrischen und thermischen Eigenschaften verschiedener Batteriesysteme zu analysieren und deren Auswirkungen auf Leistungsfähigkeit und Lebensdauer zu bewerten. Sie können unterschiedliche Zelltechnologien hinsichtlich ihrer Effizienz, Energiedichte und Umweltverträglichkeit bewerten. Sie sind in der Lage, den Einfluss von Lade- und Entladeprofilen auf die Degradation von Batteriezellen zu untersuchen und daraus Optimierungsmaßnahmen abzuleiten.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, verschiedene Zellverschaltungen und Batteriesystem-Designs hinsichtlich Energie- und Leistungsdichte sowie thermische Stabilität zu bewerten. Außerdem können sie innovative Materialkonzepte für zukünftige Batteriesysteme im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Rohstoffverfügbarkeit analysieren.

Sie sind in der Lage, Konzepte für das thermische Management von Batteriesystemen zu entwerfen, um Sicherheit und Effizienz zu verbessern.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl selbstständig als auch im Team Probleme zu lösen und die Lösungen zielgruppengerecht zu präsentieren sowie zu verteidigen.

Literatur

- Skript zur Vorlesung
- Fischer, Hofmann, Spindler: Werkstoffe in der Elektrotechnik, Hanser-Verlag, neueste Auflage
- Bäker: Funktionswerkstoffe, Springer Verlag, neueste Auflage
- Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure, Springer Verlag, neueste Auflage
- Kampker: Elektromobilproduktion, Springer Vieweg, neueste Auflage
- Korthauer: Handbuch Lithium-Ionen-Batterien, Springer Vieweg, neueste Auflage

Batteriesicherheit und -management

Die Teilnehmenden sind in der Lage, Risiken und Sicherheitsanforderungen von Batteriesystemen in verschiedenen mobilen Anwendungen zu analysieren. Sie können Strategien für das Batteriemangement zur Optimierung von Leistung, Sicherheit und Lebensdauer entwickeln. Außerdem sind sie fähig, Maßnahmen zur Vermeidung von thermischem Durchgehen und kritischen Batterieereignissen zu beurteilen.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02020
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02302
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Ralf Wörner
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Batteriesicherheit und -management
Ermittlung der Modulnote	100% PLP
Lehrende	Prof. Dr. Ralf Wörner
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLP
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Überblick über Batteriesysteme in Elektrofahrzeugen (z. B. Li-Ionen, Feststoffbatterien)
2. Fahrzeugintegration von Batterien und das Zusammenspiel mit anderen Systemen (z. B. Antriebsstrang, Ladeeinheit)
3. Sicherheitsrisiken: Überladung, Tiefentladung, thermisches Durchgehen
4. Schutzmechanismen und sicherheitsrelevante Funktionen (z. B. Übertemperaturschutz, Überspannungsschutz)
5. Mechanische Sicherheit (Crashsicherheit, Schutz vor externen Beschädigungen)
6. Brandschutztechnologien und Notfallmanagement (Brandschutzmaterialien, Kühlung)
7. Aufbau und Funktion eines Batteriemanagementsystems (BMS) in Elektrofahrzeugen
8. Fehlererkennung und -management im BMS
9. Kommunikation zwischen BMS und Fahrzeugsteuergeräten (CAN-Bus, FlexRay)
10. Diagnosealgorithmen und Fehlererkennung
11. Einfluss von Fahrzyklen und externen Faktoren auf den Batteriezustand
12. Lebensdauerprognosen und Alterungsmechanismen von Batterien
13. Nachhaltigkeitsaspekte und der Einfluss von Batterien auf die Gesamt-CO₂-Bilanz von Elektrofahrzeugen
14. Wirtschaftliche und ökologische Herausforderungen im Batterie-Recycling

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sicherheitskritische Aspekte von Batteriesystemen in Elektrofahrzeugen zu analysieren, einschließlich thermischem Durchgehen, Kurzschlussrisiken und mechanischer Belastung im Fahrbetrieb.

Sie können die Auswirkungen externer Faktoren wie Temperatur, Ladeprofile und Fahrzyklen auf die Sicherheit und Lebensdauer von Fahrzeugbatterien analysieren. Sie sind imstande, verschiedene Batteriemanagementsysteme hinsichtlich Fähigkeit, Zellspannungen, Temperaturen und Ladezustände zu überwachen und zu regulieren.

Sie können Sicherheitsstrategien für Hochvoltbatterien in Elektrofahrzeugen bewerten, darunter Brandschutzmaßnahmen, Crash-Sicherheitskonzepte und Isolationsüberwachung.

Sie sind in der Lage, die Effektivität verschiedener Zellchemien hinsichtlich Sicherheit, Leistung und Nachhaltigkeit im Fahrzeugbetrieb zu beurteilen. Außerdem sind sie fähig, innovative Sicherheitsstrategien für das thermische Management und das Fehlerhandling in Batterien von Elektrofahrzeugen zu entwickeln. Sie können Konzepte zur Optimierung von Batteriemanagementsystemen entwerfen, um die Lebensdauer, Effizienz und Sicherheit von Fahrzeugbatterien zu maximieren.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl im Team als auch selbstständig Probleme zu lösen, indem sie gesehene Konzeptstrukturen überdenken. Sie können Ergebnisse diskutieren und interpretieren sowie sich organisieren.

Literatur

- **Pistoia, G. (Ed.)** (2013). *Batteries for Electric Vehicles: Research, Design, and Applications*. Elsevier.
- **Jäger, M., & Reif, K. (Hrsg.)** (2019). *Batteriesysteme in Fahrzeugen: Grundlagen, Komponenten und Systemintegration*. Springer Vieweg.
- **Voss, D. (2020)**. *Batteries in Electric Vehicles: Materials, Systems, and Applications*. Wiley.
- **Plett, G. L. & Trimboli, M. S.** (2022). *Battery Management Systems, Volume I: Battery Modeling*. Artech House.
- **Plett, G. L. & Trimboli, M. S.** (2022). *Battery Management Systems, Volume II: Equivalent-Circuit Methods*. Artech House.
- **Hochholdinger, B., & Kerszenbaum, I.** (2018). *Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications*. Academic Press.
- **Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., et al.** (2019). *Recycling Lithium-Ion Batteries from Electric Vehicles*. *Nature*, 575(7781), 75-86.
- **Dunn, J. B., Gaines, L., & Kelly, J. C.** (2015). *The Significance of Li-Ion Batteries in Electric Vehicle Life-Cycle Energy and Emissions and Recycling's Role in Its Reduction*. *Energy & Environmental Science*, 8(1), 158-168.

Brennstoffzellensysteme

Die Teilnehmenden sind in der Lage, Brennstoffzellensysteme zu beschreiben. Sie verstehen den Aufbau und die Funktionsweise von Brennstoffzellensystemen und den peripheren Bauteilen und beherrschen eine konstruktive Auslegung und Modellierung des Systems. Sie sind fähig, eine Auslegung und Integration von Brennstoffzellensystemen in mobilen Gesamtsystemanwendungen eigenständig durchzuführen. Die Teilnehmenden sind imstande, die Grenzen der thermodynamischen Modellbildung zu beurteilen.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02021
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02303
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundkenntnisse in Thermodynamik, wie sie in einem ingenieurwissenschaftlichen Bachelor-Studium erworben werden.
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Brennstoffzellensysteme
Ermittlung der Modulnote	100% schriftliche Ausarbeitung mit Präsentation
Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Walter Czarnetzki
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	a) PLR schriftliche Ausarbeitung; ca. 10 Seiten, Referat: 20 Minuten b) PLL Versuchsbericht, ca. 3 Seiten; unbenotet
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Brennstoffzellensysteme

- 1.1 Aufbau und Konstruktion des Brennstoffzellenstacks
- 1.2 Bauteile des Anodenpfads
- 1.3 Bauteile des Katodenpfads
- 1.4 Kühlung des Gesamtsystems
- 1.5 Leistungsverhalten des Gesamtsystems, Modellierung und Charakterisierung

2. Laborübung Brennstoffzellen

- 2.1 Aufbau von BZ-Stacks
- 2.2 Charakterisierung des BZ-Systems

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die peripheren Bauteile mittels der Methoden der Thermodynamik zu analysieren. Sie können die konstruktiven Konzepte von Brennstoffzellensystemen weiterentwickeln. Sie sind in der Lage, das reale Verhalten von Brennstoffzellensystemen mittels der Konzepte der Thermodynamik qualitativ und quantitativ zu beurteilen. Die Teilnehmenden sind fähig, z.B. Strom-Spannungs-Kennlinien zu analysieren und hinsichtlich des Wirkungsgrades zu optimieren. Sie können die neuen Kenntnisse auf die unterschiedlichsten Betriebsweisen von Brennstoffzellensystemen anwenden und Brennstoffzellensysteme auslegen.

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

- 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.: Einführung in die Wasserstoff-Technologie, John Wiley Verlag 2009
- V.M. Schmidt: Elektrochemische Verfahrenstechnik-Grundlagen, Reaktionstechnik, Prozessoptimierung, Wiley-VCH 2003.

Elektrochemie der Brennstoffzelle

Die Teilnehmenden verstehen den Aufbau und die Funktionsweise von Brennstoffzellen und beherrschen die konstruktive Auslegung und Modellierung von Zellen. Sie sind fähig, eine Auslegung und Integration von Brennstoffzellen in mobilen Anwendungen eigenständig durchzuführen.

Hierzu werden die thermodynamischen und reaktionskinetischen Kenntnisse in den konstruktiven Aufbau von elementaren Baugruppen (GdL/MEA) 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.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02022
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02304
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Ralf Wörner
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Grundkenntnisse in Allgemeiner und Physikalischer Chemie, Kenntnisse in Thermodynamik und Physik.
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Elektrochemie der Brennstoffzelle
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Prof. Dr. Ralf Wörner
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	a) PLK 90 Minuten b) PLL Versuchsbericht, ca. 5 Seiten; unbenotet
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Übersicht und Einführung in elektrochemische Energiespeicher
2. Nachhaltigkeit und Zukunftstrends für elektrochemische Speicher im Überblick
3. Grundkenntnisse in Elektrochemie (Anode, Kathode, Elektrolyt, Aufbau einer Zelle)
4. Thermodynamik und Kinetik für galvanische Elemente (Brennstoffzellen)
5. Charakterisierung von Brennstoffzellen (Messtechnik: Stromdichte/Spannungskurven, Leistungsdichte)
6. Materialien für Brennstoffzellen (GdL, MEA) und Herstellungsverfahren
7. Verfahrenstechnik zu Brennstoffzellen in mobilen Anwendungen
8. Legislative Vorgaben bei der konstruktiven Gestaltung von Brennstoffzellen

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 identifizieren.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sowohl im Team als auch selbstständig Probleme zu lösen, indem sie gesehene Konzeptstrukturen überdenken. Sie können Ergebnisse diskutieren und interpretieren sowie sich organisieren.

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

Ladesysteme

Die Teilnehmenden sind in der Lage, verschiedene Ladesysteme für Elektrofahrzeuge hinsichtlich Effizienz, Benutzerfreundlichkeit und Integrationsfähigkeit in bestehende Stromnetze zu analysieren. Sie können zudem die ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen von Ladesystemen evaluieren und nachhaltige Konzepte entwickeln, die erneuerbare Energien und intelligente Ladefunktionen integrieren. Sie sind fähig, innovative Ladelösungen zu entwerfen, die sowohl die Akzeptanz der Elektromobilität fördern als auch den CO₂-Ausstoß reduzieren.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02023
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02305
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Moritz Gretzschel
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Ladesysteme
Ermittlung der Modulnote	100% PLP
Lehrende	NN
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLP
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

- Ladesysteme für Elektrofahrzeuge
- Ladeleistung und Ladezeit
- Unterschiedliche Ladeinfrastrukturen: öffentlich, privat, urbane und ländliche Gebiete
- Ladegeräte und -stationen: Funktion und Aufbau
- Integration von Ladesystemen in bestehende Stromnetze und Netzstabilität
- Fahrzeug-Ladeschnittstellen und Standardisierung
- Intelligentes Laden (Smart Charging) und Lastmanagement-Strategien
- Vehicle-to-Grid (V2G) und Grid-to-Vehicle (G2V) Technologien
- Integration von erneuerbaren Energiequellen in das Ladesystem (z.B. Solaranlagen, Windenergie)
- Nachhaltigkeit von Ladesystemen: Reduktion von CO₂-Emissionen, Nutzung von grüner Energie
- Entwicklung nachhaltiger Konzepte für die Ladeinfrastruktur unter Berücksichtigung der Umweltauswirkungen
- Verbesserung der Nutzererfahrung bei Ladevorgängen (Ladegeschwindigkeit, Zugänglichkeit)
- Entwicklung von Ladesystemen für verschiedene Nutzerbedürfnisse (privat, öffentlich, Schnellladung)
- Akzeptanzbarrieren und Lösungen zur Förderung der breiten Nutzung von Ladesystemen

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, verschiedene Ladesysteme für Elektrofahrzeuge zu analysieren und deren Vor- und Nachteile hinsichtlich Ladegeschwindigkeit, Effizienz und Infrastrukturanforderungen zu bewerten.

Sie können die technologischen Herausforderungen von Ladesystemen im Hinblick auf die Integration in bestehende Stromnetze und die Anforderungen an die Netzstabilität beurteilen. Sie sind imstande, den Einfluss von Ladeinfrastruktur auf die Nutzererfahrung und Akzeptanz der Elektromobilität, einschließlich Faktoren wie Verfügbarkeit, Ladezeit und Kosten zu analysieren. Die Teilnehmenden können die Wirtschaftlichkeit und die Umweltauswirkungen von Ladesystemen, insbesondere in Bezug auf Energiequelle, Netzanschluss und Lebenszykluskosten evaluieren. Sie sind in der Lage, Konzepte für innovative, benutzerfreundliche Ladesysteme zu entwickeln, die den Bedürfnissen der Elektromobilitätsnutzenden gerecht werden, einschließlich Lösungen für öffentliches, privates und schnelles Laden. Sie können integrierte Ladelösungen entwerfen, die erneuerbare Energiequellen nutzen und mit intelligenten Netzen sowie bidirektionalen Ladefunktionen kompatibel sind.

Die Teilnehmenden sind imstande, die ökologischen Auswirkungen von Ladesystemen zu bewerten, insbesondere in Bezug auf die Nutzung erneuerbarer Energiequellen und die Integration von Ladestrategien zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes. Sie können außerdem die Auswirkungen von Produktions- und Entsorgungsprozessen der Ladeinfrastruktur auf die Umwelt beurteilen.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, komplexe Probleme zu identifizieren und kreative, nachhaltige Lösungen zu erarbeiten. Sie können effektiv in interdisziplinären Teams arbeiten und dabei ihre verschiedenen Fachkenntnisse und Perspektiven einbringen. Sie sind imstande, Informationen und Konzepte kritisch zu hinterfragen.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, komplexe Themen und Konzepte klar und verständlich in verschiedenen Formaten sowohl an Fachleute als auch an ein breiteres Publikum zu kommunizieren. Sie können die ökologischen und gesellschaftlichen Auswirkungen ihrer Entscheidungen bewerten und nachhaltige Lösungen entwickeln. Sie sind in der Lage, sich selbstständig neues Wissen anzueignen und ihren Lernprozess zu reflektieren, um ihre Kompetenzen aus dem fachlichen Gegenstandsbereich des Moduls und darüber hinaus kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Literatur

- **Voss, D.** (2020). *Electric Vehicle Charging Systems: Fundamentals and Technologies*. Wiley.
- **Buchmann, I.** (2020). *Batteries for Electric Vehicles: Technology, Economics, and Environmental Impact*. Wiley.
- **Krieg, H. & Dufresne, F.** (2020). *The Electric Vehicle Charging Infrastructure: From Design to Implementation*. Springer.
- **Schoots, K., & Van der Zwaan, B.** (2021). *Smart Charging of Electric Vehicles: Technologies, Business Models, and Implications for the Power Grid*. Elsevier.
- **Löfström, S. et al.** (2021). *Electrification and Future of Charging Infrastructure in Smart Grids*. Springer.
- **Tushar, W., & Mohsenian-Rad, H.** (2016). *Electric Vehicle Charging and Smart Grids: Models, Algorithms, and Control*. Springer.

Hochvoltssysteme

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Architektur und Funktionsweise von Hochvoltssystemen in Elektrofahrzeugen zu analysieren und die technischen und sicherheitstechnischen Anforderungen zu bewerten. Sie sind imstande, die Effizienz, Lebensdauer und Kosten der Systemkomponenten zu evaluieren sowie deren Einfluss auf die Fahrzeugleistung und die Einhaltung von Sicherheitsstandards. Außerdem können sie Konzepte zur Optimierung von Hochvoltssystemen entwickeln, um die Energieeffizienz, Sicherheit und Integration neuer Technologien in zukünftige Elektrofahrzeug-Architekturen zu fördern.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02024
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02306
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Moritz Gretzschel
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Hochvoltssysteme
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	NN
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

- Grundlegende Prinzipien von Hochvoltssystemen in Elektrofahrzeugen
- Funktion und Zusammensetzung eines Hochvoltsystems: Batterie, Inverter, Motor, Ladeinheit
- Sicherheitsvorkehrungen und Schutzmechanismen (z. B. Isolierung, Erdung, Notabschaltung)
- Umgang mit Hochvoltkomponenten und -systemen während der Fahrzeugwartung
- Integration von Hochvoltssystemen in die Fahrzeugarchitektur
- Einfluss auf Reichweite, Ladezeit und Performance des Fahrzeugs
- Herausforderungen bei der Skalierung und Integration neuer Technologien
- Konzepte zur Optimierung von Ladegeschwindigkeit und Energieeffizienz
- Verantwortung und Haftung im Umgang mit Hochvoltssystemen

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Architektur und Funktionsweise von Hochvoltssystemen in Elektrofahrzeugen, einschließlich der Integration von Batterie, Antriebsstrang und Ladeinheit, zu analysieren. Sie können die elektrischen und sicherheitstechnischen Anforderungen an Hochvoltssysteme identifizieren und die Herausforderung bei deren Integration in moderne Elektrofahrzeuge bewerten. Sie sind fähig, die Sicherheitsprotokolle und Schutzmechanismen in Hochvoltssystemen, einschließlich der Isolierung, Erdung und Abschaltung bei Fehlfunktionen, zu bewerten.

Die Teilnehmenden können die verschiedenen Komponenten von Hochvoltssystemen hinsichtlich ihrer Effizienz, Lebensdauer und Kosten im Kontext von Elektrofahrzeugen beurteilen. Sie sind in der Lage, den Einfluss von Hochvoltssystemen auf die Fahrzeugleistung und die Effizienz des gesamten Antriebssystems, insbesondere in Bezug auf Reichweite, Ladezeit und Energieverbrauch, zu bewerten. Sie sind imstande, Konzepte für die Optimierung von Hochvoltssystemen in Elektrofahrzeugen zu entwerfen, um die Energieeffizienz, Sicherheit und Ladegeschwindigkeit zu verbessern. Sie können innovative Lösungen zur Integration von Hochvoltssystemen in zukünftige Elektrofahrzeug-Architekturen entwerfen, die den Übergang zu alternativen Energiespeichern oder bidirektionalen Ladesystemen berücksichtigen. Die Teilnehmenden sind außerdem in der Lage, Sicherheitsstrategien und -maßnahmen für Hochvoltssysteme zu konzipieren, um die Gefahr von Unfällen und Schäden bei der Fahrzeugnutzung und -wartung zu minimieren.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, komplexe Probleme systematisch zu analysieren, relevante Informationen zu identifizieren und zu bewerten. Sie können Lösungen entwickeln, die unterschiedliche Perspektiven und technologische sowie wirtschaftliche Aspekte berücksichtigen. Sie sind imstande, komplexe Themen klar und präzise zu formulieren, sowohl in schriftlicher als auch in mündlicher Form. Sie können Ergebnisse zielgruppengerecht aufarbeiten und präsentieren.

Literatur

- **Müller, B.** (2019). *Elektromobilität: Grundlagen und Anwendungen*. Springer Vieweg.
- **Langen, G., & Röttger, B.** (2018). *Hochvoltssysteme in Elektrofahrzeugen: Grundlagen, Komponenten, Architektur*. Springer Vieweg.
- **Schumacher, K.** (2021). *Batteriesysteme in Elektrofahrzeugen: Technologie und Anwendungen*. Wiley-VCH.
- **Brunet, M., & Duc, M.** (2018). *Hochvoltssysteme: Sicherheitsanforderungen und Schutzkonzepte in Elektrofahrzeugen*. Springer Vieweg.
- **Karas, M., & Huber, M.** (2020). *Safety in High Voltage Systems: Electric Vehicles and Industrial Applications*. Wiley.
- **Tushar, W., & Mohsenian-Rad, H.** (2016). *Electric Vehicle Charging and Smart Grids: Models, Algorithms, and Control*. Springer.
- **Gould, P., & Harkness, J.** (2017). *Optimization of Electric Vehicle Powertrain and Charging Systems*. Elsevier.
- **Sullivan, J., & White, J.** (2020). *Advanced High-Voltage Systems for Electric Vehicles*. Wiley.
- **Buchmann, I.** (2020). *Batteries for Electric Vehicles: Technology, Economics, and Environmental Impact*. Wiley.

Software Defined Vehicle

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Architektur und Schlüsselkomponenten von Software Defined Vehicles (SDVs) zu analysieren sowie die Technologien, die für ihre Implementierung erforderlich sind. Sie können die Vorteile und Herausforderungen dieser Fahrzeuge bewerten, insbesondere in Bezug auf Sicherheit und Systemintegration. Darüber hinaus sind sie imstande, Softwarelösungen und Konzepte zur Integration von SDV-Technologien, einschließlich der Vernetzung von Fahrzeugen, zu entwickeln. Sie sind in der Lage zukünftige Entwicklungen im Bereich der SDVs zu beurteilen und Strategien für die Integration neuer Technologien wie Künstliche Intelligenz und Blockchain zu erarbeiten.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02025
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02307
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Gunther Schaaf
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Software Defined Vehicle
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	Prof. Dr. Gunther Schaaf
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 120 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

- Grundprinzipien und Merkmale von Software Defined Vehicles (SDVs)
- Unterschiede zwischen traditionellen Fahrzeugarchitekturen und Software Defined Vehicles
- Bedeutung der Software- und Hardware-Vernetzung in modernen Fahrzeugen
- Architektur von SDVs
- Software in SDVs
- Integration von SDV-Technologien
- Sicherheit von SDVs
- Zukunftstrends und Innovationen

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Architektur eines Software Defined Vehicles und die Rolle von Software- und Hardware-Komponenten in der Fahrzeugsteuerung und -vernetzung zu analysieren. Sie können die wichtigsten Technologien, die zur Realisierung eines SDV erforderlich sind, identifizieren, einschließlich Kommunikationsprotokollen, Steuergeräten und On-Board-Softwarearchitekturen.

Die Teilnehmenden sind imstande, die Vorteile der Software-Definition von Fahrzeugen, insbesondere im Hinblick auf Flexibilität, Upgrades und Anpassbarkeit im Vergleich zu traditionellen Fahrzeugarchitekturen, zu evaluieren. Sie sind fähig, die Herausforderungen in Bezug auf Sicherheit, Datenschutz, Systemintegration und die Auswirkungen auf die Fahrzeugindustrie zu bewerten. Sie können Softwarelösungen zur Steuerung und Optimierung von Fahrzeugfunktionen, wie z. B. Fahrdynamik, Energieverwaltung oder autonomes Fahren, entwickeln. Sie sind in der Lage, Anwendungsfälle für Software-defined Funktionen, die auf den spezifischen Anforderungen von SDVs basieren, zu entwerfen und zu implementieren, unter der Berücksichtigung von Sicherheit, Effizienz und Benutzererfahrung.

Die Teilnehmenden sind imstande, Konzepte zur Integration von SDV-Systemen zu entwickeln, einschließlich der Vernetzung von Fahrzeugen und der Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur.

Sie sind in der Lage, zukünftige Trends im Bereich der Software-defined Vehicles zu analysieren, wie etwa künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen und Blockchain-Technologie, und können Strategien zur Integration dieser Technologien in SDVs entwickeln.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, komplexe Probleme zu identifizieren und kreative, nachhaltige Lösungen zu erarbeiten. Sie können effektiv in interdisziplinären Teams arbeiten und dabei ihre verschiedenen Fachkenntnisse und Perspektiven einbringen. Sie sind imstande, Informationen und Konzepte kritisch zu hinterfragen.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, komplexe Themen und Konzepte klar und verständlich in verschiedenen Formaten sowohl an Fachleute als auch an ein breiteres Publikum zu kommunizieren. Sie können die ökologischen und gesellschaftlichen Auswirkungen ihrer Entscheidungen bewerten und nachhaltige Lösungen entwickeln. Sie sind in der Lage, sich selbstständig neues Wissen anzueignen und ihren Lernprozess zu reflektieren, um ihre Kompetenzen aus dem fachlichen Gegenstandsbereich des Moduls und darüber hinaus kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Literatur

- **Gartner, G., & Neubauer, J.** (2020). *Software-Defined Vehicles: A Revolution in Automotive Systems*. Springer Vieweg.
- **Hartenstein, H., & Künzli, G.** (2019). *Connected and Automated Vehicles: Software and Security*. Wiley.
- **Ziegler, A., & Kessler, M.** (2021). *Automotive Software Architectures: From Concept to Deployment*. Springer.
- **Färber, J. & Kölle, M.** (2020). *Automotive Software and Systems Engineering: Models, Methods, and Tools*. Springer Vieweg.
- **López, M., & Karp, H.** (2022). *Vehicle-to-Everything (V2X) Communication Technologies for Autonomous Driving: A Comprehensive Guide*. Elsevier.
- **Zhao, Y., & Zheng, L.** (2021). *Vehicle Communication Networks and Systems: A V2X Perspective*. Wiley.
- **Bors, B., & Langer, A.** (2020). *Automotive Cybersecurity: Security Architecture and Strategy for Connected Vehicles*.
- **Larsen, P., & Götz, N.** (2019). *Cybersecurity for Autonomous Vehicles: A Practical Guide*. CRC Press. Wiley.
- **Lu, D., & Jiang, Z.** (2020). *The Future of Autonomous and Connected Vehicles: Implications for Software-Defined Vehicles*. Elsevier.
- **Schmidt, K., & Roggenhofer, E.** (2022). *Blockchain in Automotive: Revolutionizing the Software-Defined Vehicle Industry*. Springer.

Automotive Software

Die Teilnehmenden sind in der Lage, Softwarelösungen für moderne Fahrzeuge zu entwickeln und zu integrieren. Sie können Software in Fahrzeugen gestalten, entwickeln und warten, insbesondere in Bezug auf Steuergeräte, fahrzeugintegrierte Softwarelösungen, Fahrerassistenzsysteme und vernetzte Fahrzeuge. Die Teilnehmenden sind imstande, Softwarelösungen für verschiedene Automobiltechnologien zu evaluieren und zu entwickeln sowie Sicherheits-, Zuverlässigkeits- und Performanceanforderungen in der Fahrzeugsoftware zu berücksichtigen.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02026
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02308
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Gunther Schaaf
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	28 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	122 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Grundlegende Programmierkenntnisse in der Programmiersprache C
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Automotive Software
Ermittlung der Modulnote	100% Klausur
Lehrende	NN
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLK 90 Minuten
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

- Steuergeräte und Embedded Systems in Fahrzeugen
- Softwarearchitekturen in modernen Fahrzeugen (z. B. AUTOSAR, Adaptive Autosar)
- Softwareentwicklungsmethoden und -tools für die Automobilindustrie
- Entwicklungsumgebungen und Software-Plattformen für Fahrzeuge
- Fahrzeugdynamik, Steuerung und Fahrassistenzsysteme
- Vernetzte Systeme und Infotainment-Software
- Fahrzeugkommunikation (V2X) und autonomes Fahren

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Architektur von Fahrzeugsoftware und ihre Komponenten (z. B. Steuergeräte, Sensordatenverarbeitung, Kommunikationsprotokolle) zu analysieren. Sie sind imstande, Softwarelösungen zu entwickeln, die verschiedene Fahrzeugfunktionen unterstützen, z. B. Fahrerassistenzsysteme, Steuerung der Fahrzeugdynamik oder Infotainment-Systeme. Sie können beurteilen, wie Softwarelösungen in die Fahrzeugarchitektur integriert werden, um eine nahtlose Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen zu gewährleisten. Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Bedeutung von Softwarequalität und Sicherheit (z. B. Functional Safety, Cybersecurity) einzuschätzen und geeignete Maßnahmen zur Gewährleistung der Systemsicherheit in der Fahrzeugsoftware anzuwenden. Sie können zukünftige Entwicklungen in der Automotive Software beurteilen, z. B. im Bereich autonomes Fahren, Fahrzeugkommunikation (V2X) und Software-Over-the-Air-Updates.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, komplexe Probleme zu identifizieren und kreative, nachhaltige Lösungen zu erarbeiten. Sie können effektiv in interdisziplinären Teams arbeiten und dabei ihre verschiedenen Fachkenntnisse und Perspektiven einbringen. Sie sind imstande, Informationen und Konzepte kritisch zu hinterfragen.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, komplexe Themen und Konzepte klar und verständlich in verschiedenen Formaten sowohl an Fachleute als auch an ein breiteres Publikum zu kommunizieren. Sie können die ökologischen und gesellschaftlichen Auswirkungen ihrer Entscheidungen bewerten und nachhaltige Lösungen entwickeln. Sie sind in der Lage, sich selbstständig neues Wissen anzueignen und ihren Lernprozess zu reflektieren, um ihre Kompetenzen aus dem fachlichen Gegenstandsbereich des Moduls und darüber hinaus kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Literatur

- **Bitz, S., & Holzer, B.** (2019). *Automotive Software Engineering: Methods and Tools for the Development of Vehicle Software*. Springer Vieweg.
- **Stolz, J., & Bach, A.** (2020). *Vehicle Software Systems: Architecture, Functionality, and Application*. Wiley.
- **Bohle, A., & Huber, J.** (2021). *Embedded Automotive Systems: Design and Development of Automotive Software*. CRC Press.
- **Kleyner, A., & Madni, A. M.** (2017). *System Engineering and Automation for Automotive Software Systems*. Wiley.

Software Security

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die „Industry Best Practices“ im Bereich der sicheren Software-Entwicklung auf Software im Umfeld des Autonomen Fahrens anzuwenden. Dies umfasst sowohl analytische („Penetration Testing“) als auch konstruktive („Secure SDL“) Vorgehensweisen.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02027
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02309
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Sachar Paulus
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	40 h
Workload geleitetes E-Learning	16 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	94 h
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Software Security
Ermittlung der Modulnote	100% Portfolio
Lehrende	Prof. Dr. Sachar Paulus
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLF Learning Nuggets (E-Learning) + einzelnen Aufgaben am Ende dieser einzelnen Einheiten; Note setzt sich aus Bewertung der Ergebnisse der Aufgaben zusammen
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Grundsätze der sicheren Software-Entwicklung, Vorgehensmodelle und Prozesse, einschlägige Normen und Standards
2. Sicherheitsanforderungen
3. Sicheres Design und Bedrohungsmodellierung, Architekturanalysen, Security Design Patterns
4. Sicherheitstests, Penetrationstests, Tools zum Testen
5. Sichere Einrichtung und sicherer Betrieb
6. Security Response: Umgang mit Schwachstellen, die durch andere entdeckt werden

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage,

- Best Practices für sichere Software während der Entwicklung von IT-basierten Systemen anzuwenden,
- Akzeptanzkriterien für nicht-funktionale Sicherheitsanforderungen zu entwickeln,
- Bedrohungsmodellierungen durchzuführen,
- Security Design Patterns für eine sichere Architektur auszuwählen und einzusetzen,
- Software sicher zu installieren und zu betreiben.
- Software auf Sicherheitsschwachstellen hin zu analysieren und vor einem Management-Gremium zu präsentieren.
- die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit in der Entwicklung zu bewerten und ggf. zu verbessern.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage,

- in Gruppen gemeinsam zu Entscheidungen und zu Bewertungen zu kommen.
- auf der Basis bereits erbrachter Teilleistungen aufzusetzen und diese fortzuentwickeln.

Literatur

- Paulus, S.: Basiswissen sichere Software, dpunkt Verlag, 2012.
- Diverse: OWASP.org

Künstliche Intelligenz & Machine Learning

Die Teilnehmenden sind in der Lage wichtige Grundprinzipien und Methoden der Künstlichen Intelligenz anzuwenden. Sie sind imstande, Verfahren, Vorgehensweisen, Risiken und Grenzen intelligenter Systeme zu analysieren und können Lösungsansätze für typische KI-Probleme entwickeln und bewerten. Die Teilnehmenden sind fähig, mithilfe von Verfahren des maschinellen Lernens Anwendungen für Klassifikations- und Prognosemodelle zu entwickeln und innerhalb ihres Kompetenzbereichs einzusetzen.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02028
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02310
Modulart	Wahlpflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Nicolaj Stache
Studiensemester	3
Angebotshäufigkeit	Wintersemester
Credits	5
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	42 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	108 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Inhaltlich: Programmierkenntnisse in mind. einer Programmiersprache, Grundkenntnisse in linearer Algebra, gute Englischkenntnisse
Sprache	DE
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Künstliche Intelligenz & Machine Learning
Ermittlung der Modulnote	100% Projektarbeit
Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Nicolaj Stache, Prof. Dr. Oliver Wasenmüller
Art der Lehrveranstaltung	Vorlesung, Übung
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLP
Zertifikatskurs	Ja

Lehrinhalte

1. Prof. Dr.-Ing. Nicolaj Stache:

1.1 Grundlagen des maschinellen Lernens, Überblick über klassische Verfahren, Begrifflichkeiten

1.2 Einführung in das Tooling für die Praxisphasen: Python, Jupyter Notebook, Python-Bibliotheken,

Tensor-Flow

1.3 Praxisphase: klassische Verfahren des maschinellen Lernens

2. Prof. Dr. Oliver Wasenmüller:

2.1 Lineare Klassifikation

2.2 Optimierung

2.3 Neuronale Netzwerke

2.4 Rückpropagation

3. Prof. Dr.-Ing. Nicolaj Stache:

3.1 Vertiefung in das Tooling für die Praxisphasen: Numpy

3.2 Einführung in neuronale Netze, Inferenz, Training

3.3 Praxisphase: Neuronales Netz mit Numpy

3.4 Tiefe neuronale Netze

3.5 Praxisphase: Einführung in Tensorflow & Digit Recognition

3.6 Convolutional Neural Networks

3.7 Praxisphase: Verkehrszeichenklassifikation über Deep Learning

4. Prof. Dr. Oliver Wasenmüller:

4.1 Deep Learning Hardware & Software

4.2 Training: Aktivierungsfunktionen, Datenvorverarbeitung, Gewichtsinitialisierung, Regularisierung, Lernrate, Batch Training, Hyperparameter Optimierung

5. Prof. Dr.-Ing. Nicolaj Stache:

5.1 Bekannte Netzwerk-Architekturen

5.2 Praxisphase: Transfer-Learning

5.3 Fortgeschrittene Anwendungen (GAN, RNN)

5.4 Visualisierungstechniken

5.5 Projektarbeitsbeschreibungen, lokale Tooling-Installation

6. Prof. Dr. Oliver Wasenmüller:

6.1 Detektion

6.2 Segmentierung

6.3 Praxisphase: Detektion und Segmentierung

6.4 Reinforcement Learning

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Methoden des maschinellen Lernens zu analysieren, insbesondere die Methoden des Deep Learning. Sie sind imstande, diese Verfahren für die Entwicklung von Wahrnehmungskomponenten anzuwenden. Sie können sie vor allem im Bereich der Computer Vision anwenden und analysieren, insbesondere Verfahren mit datengetriebenem Wissenserwerb.

Die Teilnehmenden sind in der Lage, seminaristische und wissenschaftliche Arbeiten im Bereich der künstlichen Intelligenz anzufertigen, z. B. konkrete wissenschaftliche Papiere zu aktuellen Problemen mit der Aufgabe zu bearbeiten, herauszuarbeiten was z. B. die Trainingsdaten sind, wie die Ein- und Ausgabe eines Netzes aussieht und wie das verwendete Netz aufgebaut ist.

Überfachliche Kompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, wissenschaftlich an Problemstellungen heranzugehen. Darüber hinaus sind sie imstande, sich im englischsprachigen fachlichen Umfeld zurechtzufinden und sich Detailwissen zur Lösung spezifischer Probleme selbst anzueignen.

Literatur

- Goodfellow, I.; Courville, A.; Bengio, Y.: Deep Learning, The MIT Press, 2016.
- Trask, A.: Grokking Deep Learning, Manning Publications, 2017.
- Online Bücher:
 - <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/>
 - <http://www.deeplearningbook.org/>
 - <http://cs231n.stanford.edu/>

Semester 4

Transferprojekt/Internationales Studienmodul

Die Teilnehmenden können die jeweils angemessenen Arbeitsmethoden anwenden, 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.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02005
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	02401
Modulart	Pflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Moritz Gretzschel
Studiensemester	4
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	5
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	150 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	-
Sprache	DE, EN
Enthaltene Lehrveranstaltungen	Transferprojekt
Ermittlung der Modulnote	100% Projektarbeit
Lehrende	Individuell nach Thema
Art der Lehrveranstaltung	Projekt
Art und Dauer des Leistungsnachweises	PLP 3 Monate Bearbeitung/ggf. Blockwoche Auslandsmodul; ca. 15-25 inhaltliche Seiten
Zertifikatskurs	Nein

Lehrinhalte

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

Ggf. bieten wir als Alternative folgende Auswahlmöglichkeit an:

2. 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. Falls das Transferprojekt im Rahmen der Auslandsstudienwoche absolviert wird, finden die Vorlesungen und die Prüfungsleistung auf Englisch statt.

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, sich innerhalb einer vorgegebenen Frist in Aufgabenstellungen des Studiengabiets Autonomes Fahren selbstständig und vertiefend einzuarbeiten, Probleme zu analysieren und zu lösen. Die Teilnehmenden sind in der Lage, eine schriftliche Ausarbeitung nach wissenschaftlichen Grundsätzen zu erstellen.

Überfachliche Kompetenz

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

Die Teilnehmenden können selbstständig neue Themengebiete erarbeiten, Informationen bewerten, praktische Schlussfolgerungen ziehen, neue Lösungen entwickeln und dabei sowohl gesellschaftliche/soziale als auch ökologische und ökonomische Aspekte berücksichtigen. Dadurch sind die mit dem zivilgesellschaftlichen Engagement verbundenen Ziele, die ganzheitliche Bildung der Studierenden zu fördern, erreicht.

Literatur

Individuelle Literatur entsprechend dem Themengebiet.

Masterarbeit

Die Teilnehmenden sind in der Lage, die Verbindung zwischen Wissenschaft und Praxis zu beurteilen 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 sind in der Lage, entlang der Teilaspekte des methodischen Entwicklungsprozesses (planen, konzipieren, entwerfen, ausarbeiten) selbstständig eine projektspezifische Lösung mit an den Aufgaben angemessenen Methoden zu entwickeln. Sie können komplexe fachbezogene Inhalte klar und zielgruppengerecht präsentieren und verteidigen, sowohl mündlich als auch schriftlich. Sie sind fähig, effiziente Arbeitstechniken zu entwickeln.

Die Masterthesis kann in deutscher oder englischer Sprache verfasst werden.

Studienangebot	Intelligente und Nachhaltige Fahrzeugtechnologien
Modulnummer	02006
EPO-Version	902
Prüfungsnummer	9999, 9997, 9998
Modulart	Pflichtmodul
Modulverantwortliche	Prof. Dr.-Ing. Moritz Gretzschel
Studiensemester	4
Angebotshäufigkeit	Sommersemester
Credits	25
Workload Präsenz / virtuelle Präsenz	6 h
Workload Selbststudium/Prüfungsvorbereitung	744 h
Voraussetzungen für die Teilnahme am Modul	Formal: Bestehen von 50 CP aus den Modulen aus den ersten drei Semestern. Für „Defence“: Abgabe der Masterarbeit Inhaltlich: -
Sprache	DE, EN
Enthaltene Lehrveranstaltungen	9999 Thesis 9997 Begleitende Veranstaltung 9998 Defence
Ermittlung der Modulnote	85% PLS: Proposal (unbenotet) und Masterthesis 15% PLM: Abschlusspräsentation (20 Minuten Präsentation, 20 Minuten Diskussion)
Lehrende	Individuell, je nach Thema (Masterthesis & Defence), Prof. Dr. Andreas Häger (Begleitende Veranstaltung)
Art der Lehrveranstaltung	Projekt
Art und Dauer des Leistungsnachweises	a) PLS b) PLM
Zertifikatskurs	Nein

Lehrinhalte

Individuell aus dem thematischen Umfeld der Studieninhalte des Masterstudiengangs.

Fachkompetenz

Die Teilnehmenden sind in der Lage, innerhalb einer vorgegebenen Frist und unter Begleitung des betreuenden Professors / der betreuenden Professorin eine fachspezifische, anwendungsbezogene Aufgabenstellung selbstständig unter Verwendung wissenschaftlicher Methoden zu bearbeiten. Dabei können sie die im Masterstudium erworbenen ingenieurwissenschaftlichen Fach- und Methodenkompetenzen anwenden und sind imstande, sich in Aufgabenstellungen des Studiengiebets vertiefend einzuarbeiten. Sie sind fähig, eine schriftliche Ausarbeitung zu entwerfen, um die Ergebnisse sachgerecht darzustellen. Sie können diese im Rahmen eines Kolloquiums zielgruppengerecht 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 im Rahmen einer praxisrelevanten Fragestellung zu bearbeiten, indem sie komplexe Probleme analysieren, strukturieren und lösen. 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.

Die Teilnehmenden können selbständig neue Themengebiete erarbeiten, Informationen bewerten, praktische Schlussfolgerungen ziehen, neue Lösungen entwickeln und dabei sowohl gesellschaftliche/soziale als auch ökologische und ökonomische Aspekte berücksichtigen. Dadurch sind die mit dem zivilgesellschaftlichen Engagement verbundenen Ziele, die ganzheitliche Bildung der Studierenden zu fördern, erreicht.

Literatur

Individuelle Literatur entsprechend dem Themengebiet.