



Modulhandbuch

Elektrotechnik mobiler Systeme

Master

Fakultät für Elektro- und Informationstechnik

Stand: 03.03.2020

Inhalt

1	Einführung und Übersicht.....	3
1.1	Studienziel und Kompetenzprofil	3
1.2	Studienabschluss	5
1.3	Studiengangleitung und Fachstudienberatung.....	5
2	Curriculare Struktur	6
2.1	Allgemeine Pflichtfächer.....	6
2.2	Wahlpflichtmodule A.....	8
2.3	Wahlpflichtmodule B.....	9
3	Modulbeschreibungen	10
	Differentialgleichungssysteme.....	10
	Regelung elektrischer Antriebe.....	12
	Leistungselektronische Systeme und Energienetze.....	14
	Fahrdynamikregelung elektrifizierter Fahrzeuge.....	16
	Modellierung komplexer Systeme	18
	Energiemanagement und Energiespeichersysteme	20
	Projekt.....	22
	Masterarbeit	23
	Seminar zur Masterarbeit	25

1 Einführung und Übersicht

1.1 Studienziel und Kompetenzprofil

Der Masterstudiengang *Elektrotechnik mobiler Systeme* ist ein anwendungsbezogener, wissenschaftlich fundierter, berufsqualifizierender Studiengang. Im Entwicklungsprozess der Industrie und insbesondere der Automobilindustrie spielt die Simulation und Modellierung komplexer Systeme eine entscheidende Rolle um schnell und effizient Produkte zu entwickeln. Basierend auf theoretisch-wissenschaftlichen Grundlagen erlernen die Studierenden Methoden zur mathematischen Beschreibung aller wesentlichen Aspekte der Elektrotechnik mobiler Systeme und der Elektromobilität. Dabei wird der ganze Bogen von der Beschreibung wesentlicher Komponenten, wie Energiespeicher, Leistungselektronik, elektrische Maschinen und Getrieben, bis zum Gesamtfahrzeug bzw. Gesamtsystem aufgespannt.

Darüber hinaus werden im Masterstudiengang *Elektrotechnik mobiler Systeme* die analytische Kompetenz, die Methodenkompetenz und die Fähigkeit zur Reflexion des eigenen Handelns vermittelt. Durch die Integration von Projektarbeit sollen die Studierenden auch soziale Kompetenzen und Führungstechniken erlernen. Internationale Aspekte werden die Studierenden darauf vorbereiten und dazu befähigen, sich den zunehmend globalen Herausforderungen und Ansprüchen zu stellen, um sich auch auf globalen Märkten zu behaupten. So können Absolventen dieses Studiengangs ihre erworbenen Kompetenzen direkt nach dem Studium in der Industrie einsetzen oder wahlweise eine Promotion bzw. Arbeit im wissenschaftlichen Bereich aufnehmen.

Obwohl der Masterstudiengang *Elektrotechnik mobiler Systeme* an die Bedürfnisse der Automobilwirtschaft angepasst ist, ergibt sich für die Absolventen ein breites Arbeitsgebiet im Bereich Elektromobilität von der elektrischen Bahntechnik über elektrisch unterstütztes Fahren bei Fahrrädern und Motorrädern bis hin zur Elektromobilität in der Medizintechnik. Seit Jahren steigen die Beschäftigtenzahlen in diesen Bereichen der Elektrotechnik erheblich und beständig. Die erlernten Methoden sind aber auch bei tragbaren Geräten, wie zum Beispiel Laptops, Handys, batteriebetriebenen Werkzeugmaschinen, Rasierapparaten und Zahnbürsten hervorragend anwendbar und erweitern dadurch erheblich die Einsatzgebiete der Absolventen.

Ingenieure mit diesen Kenntnissen werden nicht nur in der Produktentwicklung benötigt, sondern auch in zunehmendem Maße in der Fertigung und im Test. In Bayern im Bereich der Automobilindustrie ist der Bedarf an Ingenieuren mit dem dargestellten Ausbildungsprofil besonders ausgeprägt in den Städten München und Ingolstadt durch die große Präsenz der Automobilhersteller sowie den zahlreichen Zulieferern.

Merkmale des Masterstudiengangs *Elektrotechnik mobiler Systeme* sind insbesondere:

- Eine enge Verzahnung von Theorie und Praxis durch die große Präsenz der automobilen Industrieunternehmen in der Region.
- Große Tiefe der Ausbildung im Bereich Modellierung und Simulation, um die Studierenden optimal auf die vielfältigen Aufgaben in der Industrie und im wissenschaftlichen Bereich vorzubereiten.

- Breites Anwendungsgebiet in der Industrie von der Automobilwirtschaft über die Elektromobilität im Medizinbereich bis hin zu den mobilen Geräten der „Consumer“ Industrie.
- Integration von Projektarbeit zur Erweiterung der sozialen Kompetenzen und internationaler Aspekte, um sich den Anforderungen der modernen Arbeitsprozesse und der globalen Märkte zu stellen.

1.2 Studienabschluss

Die Technische Hochschule Ingolstadt verleiht nach erfolgreicher Abschlussprüfung den akademischen Grad

Master of Engineering (M.Eng.)

1.3 Studiengangleitung und Fachstudienberatung

Für alle fachlichen Fragen und Probleme im Zusammenhang mit dem Studium steht der Fachstudienberater zur Verfügung:

Prof. Dr. Christian Birkner, Gebäude A, Raum A112, Tel. 0841 / 93 48 – 3404

Die während des Semesters geltenden Sprechstunden werden jeweils durch Aushang bekannt gemacht.

2 Curriculare Struktur

Der Masterstudiengang *Elektrotechnik mobiler Systeme* beginnt jedes Sommer- und jedes Wintersemester. Durch den modularen Aufbau des Studiengangs ist es möglich, alle Fächer sowohl im Sommer als auch im Wintersemester zu absolvieren. Es wird daher nicht jedes Fach in jedem Semester angeboten. Die folgenden zwei Tabellen stellen das jeweilige Curriculum für einen Studienbeginn im Wintersemester oder im Sommersemester dar.

2.1 Allgemeine Pflichtfächer

Studienbeginn im Wintersemester

Nr.	Module	1. Sem.		2. Sem.		3. Sem.	
		SWS	CP	SWS	CP	SWS	CP
1	Differentialgleichungssysteme			4 (P)	5		
2	Fahrdynamikregelung elektrifizierter Fahrzeuge	4 (P)	5				
3	Regelung elektrischer Antriebe	4 (P)	5				
4	Leistungselektronische Systeme und Energienetze			4 (P)	5		
5	Modellierung komplexer Systeme			4 (P)	5		
6	Energiemanagement und Energiespeichersysteme	4 (P)	5				
7	Projekt	4 (A)	10				
8	Wahlpflichtmodule A	4 (A)	5	4 (P)	5		
9	Wahlpflichtmodule B			8 (L)	10		
10	Masterarbeit					0	27
11	Seminar zur Masterarbeit					1 (K)	3
	Summe	20	30	24	30	1	30

P schriftliche Prüfung

A praktische Arbeit

L studienbegleitender Leistungsnachweis (mit/ohne Erfolg) muss bestanden sein

K Kolloquium

Studienbeginn im Sommersemester

Nr.	Module	1. Sem.		2. Sem.		3. Sem.	
		SWS	CP	SWS	CP	SWS	CP
1	Differentialgleichungssysteme	4 (P)	5				
2	Fahrdynamikregelung elektrifizierter Fahrzeuge			4 (P)	5		
3	Regelung elektrischer Antriebe			4 (P)	5		
4	Leistungselektronische Systeme und Energienetze	4 (P)	5				
5	Modellierung komplexer Systeme	4 (P)	5				
6	Energiemanagement und Energiespeichersysteme			4 (P)	5		
7	Projekt			4 (A)	10		
8	Wahlpflichtmodule A	4 (A)	5	4 (P)	5		
9	Wahlpflichtmodule B	8 (L)	10				
10	Masterarbeit					0	27
11	Seminar zur Masterarbeit					1 (K)	3
	Summe	24	30	20	30	1	30

P schriftliche Prüfung

A praktische Arbeit

L studienbegleitender Leistungsnachweis (mit / ohne Erfolg) muss bestanden sein

K Kolloquium

Bei Modulen mit begleitenden Praktika ist das Bestehen jener Voraussetzung für die Prüfungszulassung.

2.2 Wahlpflichtmodule A

Wahlpflichtmodule A sind Module des Studiengangs, die einzeln oder in Gruppen alternativ angeboten werden. Jeder Studierende muss unter ihnen nach Maßgabe der Studien- und Prüfungsordnung eine bestimmte Auswahl treffen.

Die gewählten Module werden wie Pflichtmodule behandelt.

Nr.	Module		
		SWS	CP
1	Elektrochemie	4 (P)	5
2	Feldtheorie	4 (P)	5
3	Bewegungs-Kinetik	4 (P)	5

Ein Anspruch darauf, dass sämtliche vorgesehenen Wahlpflichtmodule tatsächlich angeboten werden, besteht nicht. Desgleichen besteht kein Anspruch darauf, dass die dazugehörigen Lehrveranstaltungen bei nicht ausreichender Teilnehmerzahl durchgeführt werden. Welche Module angeboten werden, entnehmen Sie bitte den unter Punkt 5 aufgezeigten Modulbeschreibungen.

2.3 Wahlpflichtmodule B

Wahlpflichtmodule B sind Module des Studiengangs, die einzeln oder in Gruppen alternativ angeboten werden. Jeder Studierende muss unter ihnen nach Maßgabe der Studien- und Prüfungsordnung eine bestimmte Auswahl treffen.

Die gewählten Module werden wie Pflichtmodule behandelt.

Nr.	Module		
		SWS	CP
1	Antriebsstrang und Hybrid	4 (P)	5
2	Elektromagnetische Verträglichkeit	4 (P)	5
3	Intelligente Systeme	4 (P)	5
4	Integrale Fahrzeugsicherheit	4 (P)	5
5	Automotive Communication Systems	4 (P)	5
6	Integrated Safety and Assistance Systems	4 (P)	5
7	Testing and Simulation Methods for Vehicle Safety Systems	4 (P)	5
8	Automotive Radar Systems	4 (P)	5
9	Bordnetze in Automobil	4 (P)	5
10	Projekt Formula Student Electric: Entwicklung, Konstruktion, Bau und Erprobung eines FSE-Rennfahrzeugs	4 (P)	5

Ein Anspruch darauf, dass sämtliche vorgesehenen Wahlpflichtmodule tatsächlich angeboten werden, besteht nicht. Desgleichen besteht kein Anspruch darauf, dass die dazugehörigen Lehrveranstaltungen bei nicht ausreichender Teilnehmerzahl durchgeführt werden. Welche Module angeboten werden, entnehmen Sie bitte den folgenden Modulbeschreibungen.

3 Modulbeschreibungen

Differentialgleichungssysteme			
Modulkürzel:	EMS_DGL	SPO-Nr.:	1
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Elektrotechnik mobiler Systeme	Pflichtfach	1
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	45 h	
	Selbststudium:	80 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Differentialgleichungssysteme (EMS_DGL)		
Lehrformen des Moduls:	EMS_DGL: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Kenntnisse aus Analysis (ein und mehrere Variablen), Lineare Algebra, MATLAB			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lösungen von Differentialgleichungen durch Trennung der Variablen, Variation der Koeffizienten, Laplace Transformation zu berechnen • Lösungen mit Hilfe von numerischen Methoden (beispielsweise durch Runge-Kutta) zu approximieren • Computerlösungen zu analysieren und zu interpretieren • Stabilität der Lösungen in fachspezifischen Aufgabestellungen zu untersuchen und graphisch darzustellen • lineare Differentialgleichungssysteme mit Hilfe von Eigenwerten und Eigenvektoren zu lösen • Phasenportraits zu interpretieren 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Differentialgleichungen • Differentialgleichungssysteme • Separationslösungen • Laplace Transformation • Existenz, Eindeutigkeit, Stabilität der Lösungen • Analytische Lösungsverfahren für Differentialgleichungssysteme • Numerische Lösungsverfahren für Differentialgleichungssysteme • Softwarepakete zur Lösung von Differentialgleichungen und Differentialgleichungssysteme 			

Literatur:

- Logan, J.D.: A First Course in Differential Equations, Springer (2006)
- Coombes, K.R., Hunt, B.R. et al.: Differential Equations with Matlab, John-Wiley and Sons (2000)
- Strampp, W.: Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik. Vektoranalysis, spezielle Funktionen, partielle Differentialgleichungen, Springer (2014)

Regelung elektrischer Antriebe			
Modulkürzel:	EMS_REM	SPO-Nr.:	2
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Elektrotechnik mobiler Systeme	Pflichtfach	1
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Regelung elektrischer Antriebe (EMS_REM)		
Lehrformen des Moduls:	EMS_REM: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Grundlagen der Mathematik und Elektrotechnik, komplexe Rechnung, Zeigerbilder elektrischer Maschinen, Grundlagen der klassischen Regelungstechnik und der Elektrischen Antriebstechnik / Elektrische Maschinen			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konzepte moderner Antriebssysteme im Zusammenhang mit elektrifizierten Fahrzeugen zu unterscheiden. • die Funktion elektrischer Antriebe im Antriebsstrang mobiler Systeme (z.B. Kraftfahrzeug) zu untersuchen. • elektrischer (Neben-)Aggregate zu bewerten. • dynamische Modelle elektrischer Drehfeldmaschinen zu erstellen und die Konsequenzen vereinfachter Annahmen zu beurteilen. • mit Hilfe dynamischer Modelle geeignete Regelkreise zu entwickeln. • die Regelung elektrischer Maschinen zu optimieren und unterschiedliche Regelstrategien zu unterscheiden. • den Einfluss von Nichtlinearitäten und Störungen auf geregelte Antriebssysteme zu bewerten. 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsweise und Aufbau elektrischer Maschinen (elektronisch kommutierte Motoren, Wechselstrommotoren, Asynchron- und Synchronmaschinen) • Funktionsweise und Steuerverfahren von Wechselrichterschaltungen • Dimensionierung elektrischer Antriebsstränge in Hybrid- als auch rein elektrischen Systemen • Betriebs- und Regelverhalten von Drehfeldmaschinen • Dynamische Modelle für Gleichstrom, Asynchron- und Synchronmaschinen • Ansteuer- und Regelverfahren wie Feldorientierte Regelung, Direct Torque Control etc. • Dimensionierung von Regelkreisen für elektrische Drehfeldmaschinen 			

- Sensorlose Regelung
- Modellierung und Simulation von Regelkreisen für elektrische Antriebssysteme in MATLAB/Simulink

Literatur:*Verpflichtend:*

- *Foliensatz zur Vorlesung / Skript.*

Empfohlen:

- SCHROEDER, D., 2013. *Elektrische Antriebe – Grundlagen*. 5. Auflage. ISBN 978-3642304705
- SCHROEDER, D., 2015. *Elektrische Antriebe - Regelung von Antriebssystemen*. 4. Auflage. ISBN 978-3642300950
- QUANG, N. P., 1993. *Praxis der feldorientierten Drehstromantriebsregelungen (Reihe Technik) - englisch*. ISBN 978-3816910473
- NAM, Kwang Hee, 2010. *AC Motor Control and Electrical Vehicle Applications - englisch*. ISBN ASIN B017R37A0K

Leistungselektronische Systeme und Energienetze			
Modulkürzel:	EMS_LSE	SPO-Nr.:	3
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Elektrotechnik mobiler Systeme	Pflichtfach	1
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Leistungselektronische Systeme und Energienetze (EMS_LSE)		
Lehrformen des Moduls:	EMS_LSE: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Grundkenntnisse im Bereich Elektrotechnik, Schaltungstechnik, Regelungstechnik und elektronischer Bauelemente			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach erfolgreicher Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • die wesentlichen Anwendungen von Leistungselektronik in mobilen Systemen zu erinnern • das Funktionsprinzip leistungselektronischer Wandler zu verstehen • die Entstehung elektromagnetischer Störungen und deren Ausbreitung in den Energienetzen zu verstehen • Methoden zu modellbasierter Dimensionierung der Halbleiter, der Induktivitäten und der Kapazitäten in leistungselektronischen Wandlern anzuwenden, um die Komponenten optimal für einen gegebenen Wandler unter Berücksichtigung gegebener Anforderungen aufeinander abzustimmen • Methoden zur Modellierung leistungselektronischer Wandler zu verstehen und auf gegebene Problemstellungen anzuwenden • das stationäre und das dynamische Verhalten leistungselektronischer Wandler mit Hilfe von Modellen zu analysieren und zu bewerten • die unterschiedlichen Modelle leistungselektronischer Wandler für gegebene Problemstellungen zu bewerten, um geeignete Modell auszuwählen • aus den erlernten Methoden zur Modellierung leistungselektronischer Wandler modifizierte Methoden zu entwickeln, um neue Phänomene zu berücksichtigen 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Struktur elektrischer Energienetze im Kraftfahrzeug • Funktionsprinzip automobiler leistungselektronischer Wandler • Modellierung des Schaltverhaltens von Halbleitern in leistungselektronischen Wandlern 			

- Entstehung von Hochfrequenzstörungen und die Ausbreitung auf den elektrischen Energienetzen sowie die Funktionsweise von Filtern
- Methoden zur Auslegung von Bauelementen für leistungselektronische Wandler
- Methoden zur Entwicklung stationärer und dynamischer Modelle unregelter und geregelter leistungselektronischer Wandler sowie Groß- und Kleinsignalersatzschaltbilder
- Methoden zur Regelung geschalteter Wandler
- Einfluss der EMV Filter auf das regelungstechnische Verhalten leistungselektronischer Wandler
- Betriebsstrategien leistungselektronischer Wandler in Kraftfahrzeugen und mobilen Systemen
- Gegenseitige Beeinflussung von mehreren leistungselektronischen Wandlern in elektr. Energienetzen

Literatur:*Verpflichtend:*

- SPECOVIUS, Joachim, 2015. *Grundkurs Leistungselektronik: Bauelemente, Schaltungen und Systeme*. 7. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-03308-8, 978-3-658-03309-5
- SCHLIENZ, Ulrich, 2012. *Schaltnetzeile und ihre Peripherie: Dimensionierung, Einsatz, EMV*. 5. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-8348-1646-7, 3-8348-1646-9
- ERICKSON, Robert W. und Dragan MAKSIMOVIĆ, 2004. *Fundamentals of power electronics*. 2. Auflage. Dordrecht: Kluwer. ISBN 0-7923-7270-0, 978-0-7923-7270-7

Empfohlen:

- WINTRICH, Arendt und andere, 2010. *Applikationshandbuch Leistungshalbleiter*. Ilmenau: ISLE. ISBN 978-3-938843-56-7
- KASSAKIAN, John G., Martin F. SCHLECHT und George C. VERGHESE, 1992. *Principles of power electronics*. R. Auflage. Reading, Mass. [u.a.]: Addison-Wesley. ISBN 0-201-09689-7

Fahrodynamikregelung elektrifizierter Fahrzeuge			
Modulkürzel:	EMS_MA1	SPO-Nr.:	4
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Elektrotechnik mobiler Systeme	Pflichtfach	1
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Fahrodynamikregelung elektrifizierter Fahrzeuge (EMS_MA1)		
Lehrformen des Moduls:	EMS_MA1: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Kenntnisse aus dem Modul Kinetik, d.h. die Fähigkeit, die physikalischen Gesetze eines mechanischen Systems anzuwenden, insb. Newtons Gesetze; Grundwissen in Elektrik/Elektronik			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach dem Besuch der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> • die fahrdynamisch relevanten Reifeneigenschaften wiederzugeben und zu beurteilen • mit vereinfachten Fahrzeugmodellierungen umzugehen und zu rechnen • das Zusammenspiel von Antrieb(en), Bremse sowie Fahrwerk zu analysieren, d.h. von: <ul style="list-style-type: none"> ○ Aufhängungsgeometrie (Wankzentrum, Instantzentrum, (Elasto-)Kinematik etc.) ○ Federhärten ○ Schwerpunktlage ○ Differenzialen inklusive Sperrdifferentialen, Torque-Vectoring-Differenzialen • konventionelle ABS-Regelungen zu erklären • konventionelle Fahrodynamikregelungen zu erklären • die Zusatzmöglichkeiten durch Vierradlenkung, Torque-Vectoring und aktive Fahrwerke darzustellen • die Zusatzmöglichkeiten und Schwierigkeiten eines elektrifizierten Antriebsstranges abzuleiten 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> • Reifen und Reifeneigenschaften unter verschiedenen Bedingungen (Sturz, Normalkraft, kombinierte Längs- und Querkräfte, Kamm'scher Kreis und dessen Anwendung) • Fahrzeugmodell (Einspur- und Zweispurmodell) • Beeinflussung des Fahrverhaltens durch übliche Vorgehensweisen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fahrwerk: Roll- und Instantzentrum ○ Federhärten ○ Schwerpunktlage 			

- Verteilung von Antriebs- und Bremsmomenten
- ABS
- konventionelle Fahrdynamikregelungen
- Torque Vectoring
- zusätzliche Möglichkeiten und auch Probleme durch Elektroantriebe

Literatur:

Verpflichtend:

Keine

Empfohlen:

- REIMPELL, Jörn und Jürgen W. BETZLER, 2005. *Fahrwerktechnik: Grundlagen: Fahrwerk und Gesamtfahrzeug, Radaufhängungen und Antriebsarten, Achskinematik und Elastokinematik, Lenkanlage - Federung - Reifen, Konstruktions- und Berechnungshinweise*. 5. Auflage. Würzburg: Vogel Buchverlag. ISBN 978-3-8343-6147-9, 978-3-8343-3031-4
- HANEY, Paul, 2012. *The racing & high-performance tire: using the tires to tune for grip and balance*. 3. Auflage. Dallas, Tex. [u.a.]: InfoTire [u.a.]. ISBN 0-9646414-2-9, 978-0-7680-12415
- GENTA, Giancarlo und Lorenzo MORELLO, . *The automotive chassis*. [Dordrecht]: Springer Netherland.

Modellierung komplexer Systeme			
Modulkürzel:	EMS_MKS	SPO-Nr.:	5
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Elektrotechnik mobiler Systeme	Pflichtfach	1
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Modellierung komplexer Systeme (EMS_MKS)		
Lehrformen des Moduls:	EMS_MKS: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Grundlagenvorlesung Modellbildung und Simulation, Grundlagen der Mathematik, Physik und Elektrotechnik (Differentialgleichungen und deren Herleitung), Grundkenntnisse in Programmierung (optimalerweise in Matlab)			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> gekoppelte Systeme (elektrisch, mechanisch, hydraulisch) zu analysieren und eigenständig in mathematisch/physikalische Modellansätze aus gewöhnlichen linearen und nichtlinearen Differentialgleichungen zu überführen die Ergebnisse gekoppelter Simulationen auf Plausibilität zu prüfen und auf Basis realer Messdaten die Systemparameter zu bewerten und einfache Parameteroptimierungen durchzuführen, um die Modellqualität zu verbessern die Ergebnisse der Simulation durch geeignete Methoden zu visualisieren und anhand der Darstellungen die physikalischen Effekte der betrachteten Systeme zu erklären erweiterte Methoden der Modellierungsumgebung Matlab/Simulink anzuwenden und für die Erstellung gekoppelter Modelle einzusetzen reale Regelkreise als Simulationsmodelle abzubilden und eine Vorauslegung der Reglerparameter durch modellbasierte Methoden vorzunehmen Grenzen modellbasierter Methoden einzuschätzen u. Fehlerquellen bei der Simulation zu identifizieren. geeignete Ansätze zu entwickeln, um die Parameter komplexer Modelle durch geeignete Systemanalyse zu ermitteln 			
Inhalt:			
<ul style="list-style-type: none"> Aufstellen von gewöhnlichen Differentialgleichungen und Differentialgleichungssystemen für reale (teilweise gekoppelte) physikalische Systeme Betrachtung nichtlinearer Systeme und Abbildung von Nichtlinearitäten in mathematischen Modellen einfache Beispiele für thermodynamische und hydraulische Systeme 			

- mechanische Modellierung mit dem Fokus auf der Anwendung im Fahrzeug
- Modellierung elektrischer und geregelter Systeme
- modellbasierte Reglerauslegung in Matlab/Simulink
- Parametrierung, Parameteroptimierung und Verifikation von Modellen
- Visualisierung von Mess- und Simulationsdaten
- erweiterte Möglichkeiten von Matlab/Simulink (Parameteroptimierung, Entwicklung eigener Toolboxes, Datenhandling, maskierte Subsysteme, ...)
- Auswahl und Festlegung geeigneter Solver und deren Einstellungen für die numerische Lösung von Differentialgleichungsproblemen

Literatur:*Verpflichtend:*

Keine

Empfohlen:

- SCHERF, Helmut E., 2010. *Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme: eine Sammlung von Simulink-Beispielen*. 4. Auflage. München: Oldenbourg. ISBN 978-3-486-59655-7, 3-486-58277-1
- SCHRAMM, Dieter, Manfred HILLER und Roberto BARDINI, 2013. *Modellbildung und Simulation der Dynamik von Kraftfahrzeugen*. 2. Auflage. Berlin [u.a.]: Springer Vieweg. ISBN 978-3-642-33887-8, 978-3-642-33888-5
- GLÖCKLER, Michael, 2014. *Simulation mechatronischer Systeme: Grundlagen und technische Anwendung* [online]. Wiesbaden: Springer Fachmedien PDF e-Book. ISBN 978-3-658-05383-3, 978-3-658-05384-0. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-05384-0>.
- ANGERMANN, Anne, BEUSCHEL, Michael, RAU, Martin, WOHLFARTH, Ulrich, 2011. *MATLAB, Simulink, Stateflow: Grundlagen, Toolboxes, Beispiele* [online]. München: Oldenbourg PDF e-Book. ISBN 978-3-486-71993-2, 978-3-486-70585-0. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1524/9783486719932>.

Energiemanagement und Energiespeichersysteme			
Modulkürzel:	EMS_EMS	SPO-Nr.:	6
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Elektrotechnik mobiler Systeme	Pflichtfach	1
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Sommersemester
Leistungspunkte / SWS:	5 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	78 h	
	Gesamtaufwand:	125 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Energiemanagement und Energiespeichersysteme (EMS_EMS)		
Lehrformen des Moduls:	EMS_EMS: SU/Ü - seminaristischer Unterricht/Übung		
Prüfungsleistungen:	schrP90 - schriftliche Prüfung, 90 Minuten Bonuspunkteregelung max. 5 % der Punkte der Klausur als Bonuspunkte möglich. Details dazu werden in der Vorlesung bekannt gegeben.		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Beherrschung einer höheren Programmiersprache; Beherrschung von Matlab und Simulink oder einer vergleichbaren Simulationsumgebung; sehr gute Kenntnisse im Bereich Allgemeine Chemie, Physikalische Chemie und Elektrochemie; sehr gute Kenntnisse der Elektrotechnik; Grundkenntnisse in MS Office, insb. Excel oder in einem vergleichbaren Office Paket			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Nach erfolgreicher Teilnahme an dem Modul haben Studierende <ul style="list-style-type: none"> • vertiefte Kenntnis des Aufbaus von Energiespeichersystemen von Hybrid und Elektrofahrzeugen. • vertiefte Kenntnis der wesentlichen Komponenten und Baugruppen von Energiespeichersystemen und deren Eigenschaften. • die Fähigkeit zur Auslegung von Batteriesystemen für die Anwendung im PKW (HEV, PHEV, EV ...) • die Fähigkeit zur Entwicklung von Modellen zur Beschreibung des Klemmverhaltens und der Alterung von Energiespeichersystemen • die Fähigkeit zur Entwicklung zur Simulationsmodellen zur Beschreibung von Komponenten und Baugruppen von Energiespeichern und Kenntnis der Grenzen • die Kenntnis der Grenzen der Simulation und Fähigkeit zur kritischen Beurteilung von Simulationsergebnissen • vertiefte Kenntnis der im Fahrzeug eingesetzten Algorithmen zur Batteriezustandserkennung und zum Energiemanagement. • die Fähigkeit Algorithmen Batteriezustandserkennung und zum Energiemanagement zu entwickeln • die Fähigkeit zur Entwicklung von Testverfahren zur Validierung von Batteriemodellen und Algorithmen • die Befähigung, sich selbständig in ein Thema aus dem Bereich der Energiespeicher einzuarbeiten und die Ergebnisse vor einer Gruppe zu präsentieren 			

Inhalt:

- Aufbau von Energiespeichersystemen für Hybrid- und Elektrofahrzeuge
- Komponenten und Baugruppen von Energiespeichern und Wandlern
- Simulation des Klemmverhaltens von Energiespeichern und Wandler
- Simulation der Alterung von Energiespeichern
- Simulation der Komponenten und Baugruppen von Energiespeichern und Wandlern
- Algorithmen zur Zustandsbestimmung (SOC, SOH, Leistungsprognose)
- Algorithmen für das Energiemanagement im Fahrzeug
- Sicherheit von Energiespeichersystemen
- Normen und Standards von Energiespeichersystemen

Literatur:*Verpflichtend:*

- JOSSEN, Andreas und Wolfgang WEYDANZ, Februar 2019. *Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen*. 2. Auflage. Göttingen: Cuvillier Verlag. ISBN 978-3-7369-9945-9, 3-7369-9945-3
- GARCHE, Jürgen und Klaus BRANDT, 2019. *Li-battery safety: electrochemical power sources: fundamentals, systems, and applications*. Amsterdam; Oxford, UK; Cambridge, MA: Elsevier. ISBN 978-0-444-63777-2, 0-444-63777-X

Empfohlen:

- REDDY, Thomas B. und David LINDEN, 2011. *Linden's handbook of batteries*. 4. Auflage. New York, NY [u.a.]: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-162421-3, 0-07-162421-X
- PLETT, Gregory L., 2015]. *Battery management systems*. Boston; London: Artech House.
- WEICKER, Phillip, 2014. *A systems approach to lithium-ion battery management*. Boston, Mass. [u.a.]: Artech House. ISBN 978-1-60807-659-8
- RAHN, Christopher D., WANG, Chao-Yang, 2013. *Battery systems engineering* [online]. Chichester, West Sussex: Wiley PDF e-Book. ISBN 978-1-118-51704-8, 978-1-119-97950-0. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118517048>.

Projekt			
Modulkürzel:	EMS_PRJ	SPO-Nr.:	7
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Elektrotechnik mobiler Systeme	Pflichtfach	1
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Leistungspunkte / SWS:	10 ECTS / 4 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	47 h	
	Selbststudium:	203 h	
	Gesamtaufwand:	250 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Projekt (EMS_PRJ)		
Lehrformen des Moduls:	EMS_PRJ: Prj - Projekt		
Prüfungsleistungen:	prA - praktische Arbeit/Studienarbeit Bewertet wird die individuelle Leistung im Projektteam, die sich aus der Originalität und Qualität der praktischen Arbeit im Projekt, den internen und externen Präsentationen und dem schriftlichen Projektbericht ergibt.		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
Nach erfolgreicher Teilnahme an der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> • eine komplexe fachliche Aufgabenstellung über ein Semester hinweg in einem Team erfolgreich zu bearbeiten • Projektergebnisse vor Publikum überzeugend zu präsentieren • zur konzentrierten schriftlichen Darstellung von Aufgabenstellung, Analyse, Lösungskonzept und Umsetzung 			
Inhalt:			
Bearbeitung einer semesterbegleitenden Projektaufgabe aus dem Gebiet der Elektromobilität im Team.			
Literatur:			
<i>Verpflichtend:</i> <ul style="list-style-type: none"> • EBEL, Hans F. und Claus BLIEFERT, 2009. <i>Bachelor-, Master- und Doktorarbeit: Anleitungen für den naturwissenschaftlich-technischen Nachwuchs</i>. 4. Auflage. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-32477-4, 3-527-32477-1 <i>Empfohlen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • HANSEL, Jürgen, LOMNITZ, Gero, 2000. <i>Projektleiter-Praxis: Erfolgreiche Projektabwicklung durch verbesserte Kommunikation und Kooperation</i> [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg PDF e-Book. ISBN 978-3-662-01047-1, 978-3-662-01048-8. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-662-01047-1. 			

Masterarbeit			
Modulkürzel:	EMS_MA	SPO-Nr.:	10.1
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Elektrotechnik mobiler Systeme	Pflichtfach	3
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	nur Wintersemester
Leistungspunkte / SWS:	27 ECTS / 0 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	0 h	
	Selbststudium:	675 h	
	Gesamtaufwand:	675 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Masterarbeit (EMS_MA)		
Lehrformen des Moduls:	EMS_MA: MA - Masterarbeit		
Prüfungsleistungen:	Master-Abschlussarbeit		
	<p>Wichtige Hinweise: Setzen Sie Ihre Betreuer und Erstprüfer regelmäßig in Kenntnis von Ihren Fortschritten. Klären Sie insbesondere deren Erwartungen an den Inhalt der Arbeit ab. Für die Bearbeitung der Masterarbeit wird ein ganzes Semester veranschlagt (30 Leistungspunkte), wohingegen für die Bearbeitung der Bachelorarbeit nur 12 Leistungspunkte veranschlagt werden. Daraus wird ersichtlich, dass hinsichtlich Umfangs und Inhalt an eine Masterarbeit wesentlich höhere Ansprüche gestellt werden als an eine Bachelorarbeit. Insbesondere der wissenschaftliche Charakter sollte bei einer Masterarbeit stärker betont werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aussagen sollten, wo immer möglich, in den Kontext mit einschlägiger Fachliteratur gestellt werden • Neben herkömmlicher Fachliteratur sollten wesentlich auch Quellen aus der aktuellen Forschung (z.B. Dissertationen und Konferenzbeiträge) einbezogen werden. • Die Arbeitsweise des Absolventen sollte zielgerichtet, methodisch und systematisch sein und explizit in der Abschlussarbeit dokumentiert werden • Quantitative Aussagen, wie etwa Messungen, sollten mit den Mitteln der mathematischen Statistik untersucht und dokumentiert werden. 		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach der erfolgreichen Erstellung der Masterarbeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • können die Studierenden ein Problem selbstständig und unter Einsatz wissenschaftlicher Methoden bearbeiten. • können die Studierenden Anforderungen, alternative Lösungsvorschläge sowie möglicherweise die Ausarbeitung einzelner Lösungsansätze bewerten und schriftlich in einer überzeugenden und nachvollziehbaren Weise darstellen 			

- haben die Studierenden gelernt, eine umfangreiche Aufgabenstellung durch effektives Zeitmanagement in einem vorgegebenen Zeitrahmen zum Abschluss zu bringen

Inhalt:

Eine Masterarbeit ist der wissenschaftliche Abschluss eines Studiums und Bestandteil der Prüfung. Sie soll zeigen, dass der Absolvent in der Lage ist, ein Problem aus seinem Studiengang selbstständig und unter Einsatz wissenschaftlicher Methoden zu bearbeiten.

Studierende erhalten hier die Gelegenheit, selbstständig eine Aufgabe zu bearbeiten, um damit Kreativität, aber auch den Willen und die Befähigung zur Bearbeitung und zum erfolgreichen Abschluss einer gestellten Aufgabe zu zeigen. Die Erstellung einer Masterarbeit erfordert Können und Wissen auf vier Gebieten:

- Das jeweilige fachliche Wissen, welches zur Bearbeitung des Themas der Masterarbeit benötigt wird
- Techniken, Methoden und Vorgehensweisen des wissenschaftlichen Arbeitens
- Projektmanagement (insbesondere Zeitplanung und Controlling)
- Präsentationstechniken

Im Allgemeinen sucht sich der Studierende selbstständig ein Thema für die Abschlussarbeit. Themen werden entweder hochschulintern von Professoren oder wissenschaftlichen Mitarbeitern der Hochschule in Aushängen (auch online) angeboten oder ergeben sich aus der Kooperation des Studierenden mit einer externen Firma. Im Fall einer externen Themenstellung muss der Studierende einen Dozenten der Hochschule von seinem Thema begeistern, damit dieser die Rolle des Erstprüfers übernimmt. Zu diesem Zweck empfiehlt es sich, die Themenstellung und die geplante Herangehensweise in einer kurzen Ausarbeitung zu skizzieren. Dieses Exposé dient dazu, den als Erstprüfer gewünschten Dozenten zu überzeugen.

Literatur:*Verpflichtend:*

- EBEL, H.F. und C. BLIEFERT, *Diplom- und Doktorarbeiten Anleitung für den naturwissenschaftlich-technischen Nachwuchs*. ISBN 978-3-527-30754-8

Empfohlen:

Keine

Seminar zur Masterarbeit			
Modulkürzel:	EMS_MASEM	SPO-Nr.:	10.2
Zuordnung zum Curriculum:	Studiengang u. -richtung	Art des Moduls	Studiensemester
	Elektrotechnik mobiler Systeme	Pflichtfach	
Modulattribute:	Unterrichtssprache	Moduldauer	Angebotshäufigkeit
	Deutsch	1 Semester	Winter- und Sommersemester
Leistungspunkte / SWS:	3 ECTS / 1 SWS		
Arbeitsaufwand:	Kontaktstunden:	12 h	
	Selbststudium:	63 h	
	Gesamtaufwand:	75 h	
Lehrveranstaltungen des Moduls:	Seminar zur Masterarbeit (EMS_MASEM)		
Lehrformen des Moduls:	EMS_MASEM: S - Seminar		
Prüfungsleistungen:	LN - Kolloquium		
Voraussetzungen gemäß SPO:			
Keine			
Empfohlene Voraussetzungen:			
Keine			
Angestrebte Lernergebnisse:			
<p>Nach dem Besuch des Moduls</p> <ul style="list-style-type: none"> kennen die Studierenden sowohl formale als auch inhaltliche Anforderungen, die an eine Masterarbeit gestellt werden kennen die Studierenden die Bewertungskriterien, auf deren Basis die Gutachter die Benotung der Masterarbeit ableiten sind die Studierenden mit den grundlegenden wissenschaftlichen Arbeitsmethoden vertraut, die im Rahmen der Erstellung einer Masterarbeit zur Anwendung kommen sollen 			
Inhalt:			
<p>Das Seminar zur Masterarbeit wird im Allgemeinen in Kleingruppen von den betreuenden Dozenten (Erstgutachter) durchgeführt. Ob es sich dabei um eine Blockveranstaltung oder um individuelle Sitzungen zwischen Dozent und Absolvent handelt, wird vom Erstgutachter der Masterarbeit festgelegt.</p> <p>Inhaltlich werden die Absolventen im Rahmen dieser Veranstaltung im Wesentlichen mit der Technik des wissenschaftlichen Arbeitens vertraut gemacht. Sie lernen die Bedeutung von wissenschaftlicher Literatur für die Masterarbeit kennen und wie Sie diese Literatur in den einschlägigen Datenbanken finden können. Im Seminar zur Masterarbeit werden unter anderem Literatur über die Anfertigung von Masterarbeiten und alte Masterarbeiten besprochen, anhand derer die Studierenden die Herausforderungen bei der Erstellung einer Masterarbeit besser verstehen lernen.</p>			
Literatur:			
<p><i>Verpflichtend:</i> Keine</p>			

Empfohlen:

- EBEL, H.F. und C. BLIEFERR, *Diplom- und Doktorarbeit Anleitung für den naturwissenschaftlich technischen Nachwuchs*. ISBN 978-3-527-30754-8