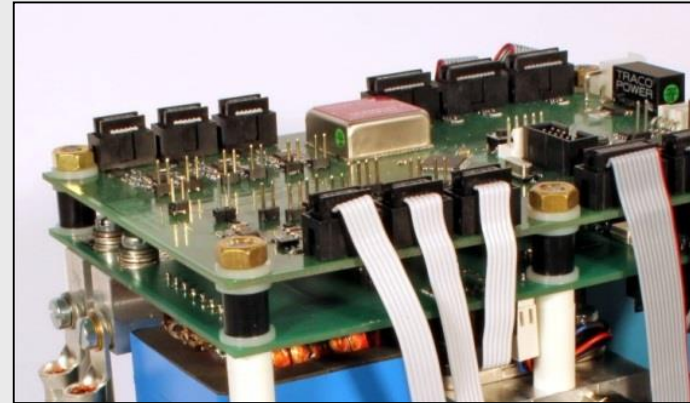
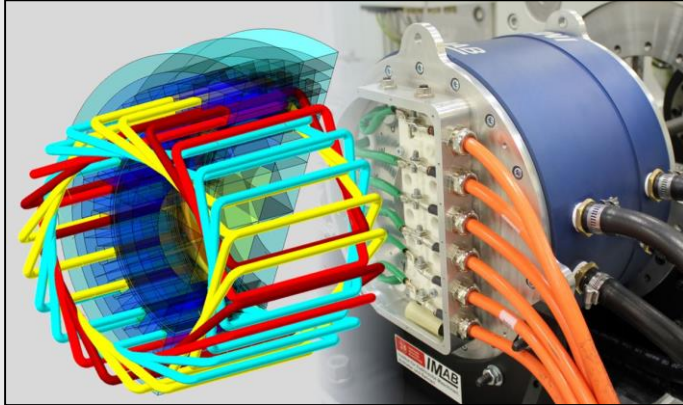




Technische
Universität
Braunschweig

IMAB Institut für Elektrische Maschinen,
Antriebe und Bahnen
TU Braunschweig



Lehre am IMAB - Mastervorlesungen

Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen

Prof. Dr.-Ing. Markus Henke (Elektrische Antriebssysteme)

Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz (Leistungselektronik)

www.imab.de

Professuren am IMAB



Markus Henke, Prof. Dr.-Ing
Elektrische Antriebssysteme
Institutsleiter

Regine Mallwitz
Prof. Dr.-Ing
Leistungselektronik



2 Professuren
2 Professoren i. R.
1 Ober-Ing.
15 Wiss. Mitarbeiter
8 MA Techn. + Verw.



Bürogebäude
Hans-Sommer-Str. 66
Maschinenhalle
Labor Leistungselektronik
Werkstatt



Bürogebäude
Hermann-Blenk-Str. 42
Prüfstände Elektroantriebe
Labor Leistungselektronik
Büros



Musterstudienplan Master ET

(Schwerpunkt Leistungselektronik, Elektrische Antriebssysteme) in 4 Semestern

Studienführer für den
Masterstudiengang
Energietechnik

Der Studiengang Energie-
technik bietet mithilfe
aktueller Themen in den
Vorlesungen
und vieler Praktika einen
umfangreichen Einblick in die
Energietechnik und Energie-
wirtschaft.

Grundlagenbereich

(Anlage 7 Studienplan)



Spezialisierungsbereich

(Anlage 8 Studienplan)



Nebewahlbereich

(Seite 4 ff Studienplan)



Prüfungsart:

(s) = schriftlich

(m) = mündlich

Wintersemester	Sommersemester	Wintersemester	Sommersemester
Regelung in der elektrischen Antriebstechnik 5 CP	Elektromagnetische Verträglichkeit in der Kfz-Technik 5 CP	Praktikum Elektrische Maschinen 3 CP	Masterarbeit
Entwurf elektrischer Maschinen 5 CP	Drehstromantriebe und deren Simulation 5 CP	Gleichstrom- und Batteriesysteme (Block) 5 CP	
Elektrische Antriebe für Straßenfahrzeuge 5 CP	Praktikum Antriebssysteme für E-Fahrzeuge 3 CP	Professionalisierung 6 CP	
Numerische Berechnungsverfahren (s), 5 CP	Elektrische Antriebe für den spurgebundenen Verkehr 5 CP	Seminar Elektromechanische Energieumformung 3 CP	
Leistungselektronische Systeme 5 CP	Angewandte Leistungselektronik 5 CP	Industriepraktikum Jan – März 12 CP	
Praktikum Leistungselektronik 3 CP	Energiewirtschaft im Wandel (m), 5 CP		
	Elektronische Fahrzeugsysteme 5 CP		

IMAB / Lehrveranstaltungen

Elektrische Antriebe



Leistungselektronik



Fahrzeugantriebe



Praktikum



Lehrveranstaltungen am IMAB

Elektrische Antriebssysteme

Bachelor	Grundlagen der el. Energietechnik Teil2	SS
	GENT für Umwelt- und Verkehrsing. Teil3	WS
	Elektrische Antriebe	WS
Master	Drehstromantriebe und deren Simulation	SS
	Entwurf elektrischer Maschinen	WS
	Regelung i. d. elektrischen Antriebstechnik	WS

Fahrzeugantriebe

Master	Antriebssysteme für den spurgebundenen Verkehr (Vorlesung „Elektrische Antriebe f. d. s. Verkehr“)	SS
	Elektrische Antriebe für Straßenfahrzeuge Vorlesungsteile: <i>Antriebskonzepte für die E-Mobilität</i> <i>Elektrische Fahrzeugantriebe</i>	WS

Leistungselektronik

Bachelor	Elektrotechnik II für Maschinenbauer	SS
	Grundlagen der el. Energietechnik (Teil 3: Grundlagen der Leistungselektronik)	SS
	Grundsaltungen der LE	WS
Master	Erweiterte Leistungselektronik	WS
	Angewandte Leistungselektronik	SS
	Komponenten der Leistungselektronik	WS

Praktikum Leistungselektronik WS

Praktikum Antriebssysteme für Elektrofahrzeuge SS

Praktikum Elektrische Maschinen WS

*) Modulbezeichnungen

Lehrveranstaltungen am IMAB

Elektrische Antriebssysteme		Leistungselektronik		
Bachelor	Grundlagen der el. Energietechnik	SS	Elektrotechnik II für Maschinenbauer	SS
	GENT für Umwelt- und Verkehrstechnik	WS	Grundlagen der el. Energietechnik (Teil 3: Grundlagen der Leistungselektronik)	SS
	Elektrische Antriebe	WS	Grundsaltungen der LE	WS
Master	Drehstromantriebe und deren Simulation	SS	Erweiterte Leistungselektronik	WS
	Entwurf elektrischer Maschinen	WS	Angewandte Leistungselektronik	SS
	Regelung i. d. elektrischen Antriebstechnik	WS	Komponenten der Leistungselektronik	WS
Fahrzeugantriebe		Praktikum Leistungselektronik		
Master	Antriebssysteme für den spurgebundenen Verkehr (Vorlesung „Elektrische Antriebe f. d. s. Verkehr“)	SS	Praktikum Leistungselektronik	WS
	Elektrische Antriebe für Straßenfahrzeuge Vorlesungsteile: <i>Antriebskonzepte für die E-Mobilität</i> <i>Elektrische Fahrzeugantriebe</i>	WS	Praktikum Antriebssysteme für Elektrofahrzeuge	SS
			Praktikum Elektrische Maschinen	WS

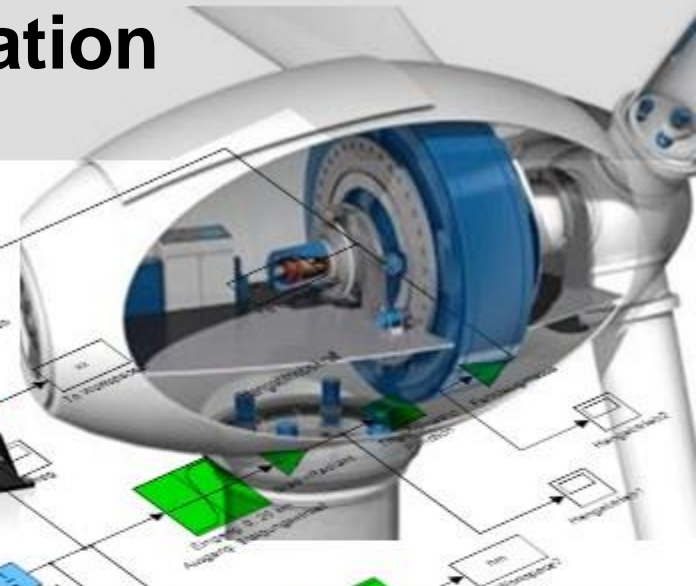
Bachelor

Master

*) Modulbezeichnungen

Drehstromantriebe und deren Simulation

Prof. Dr.-Ing. Markus Henke



Automotive Antriebe

- Höchste Leistungsdichte und Kompaktheit
- gutes Temperaturverhalten
- Effizienz, Zuverlässigkeit

Servoantriebe

- Synchrone Bewegungen
- genaue Positionierung
- schnelle Regelungen
- genaue Sensorik, Messtechnik

Großantriebe

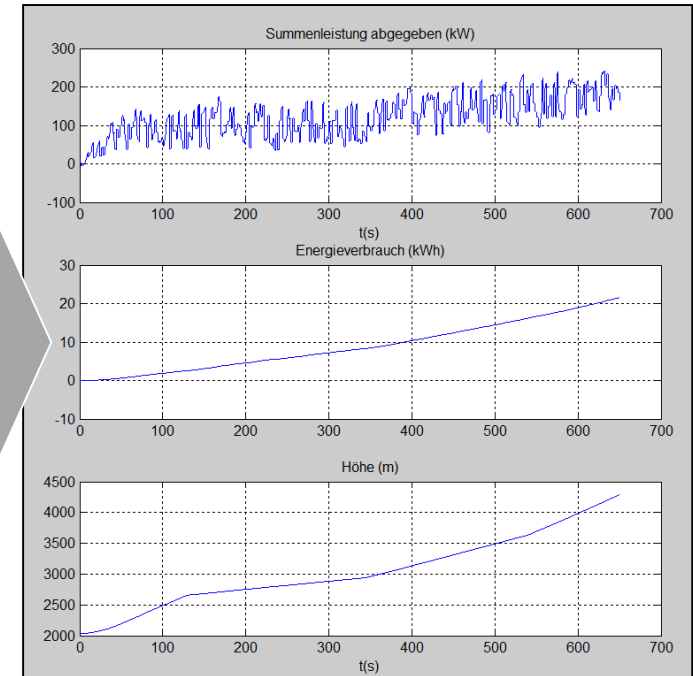
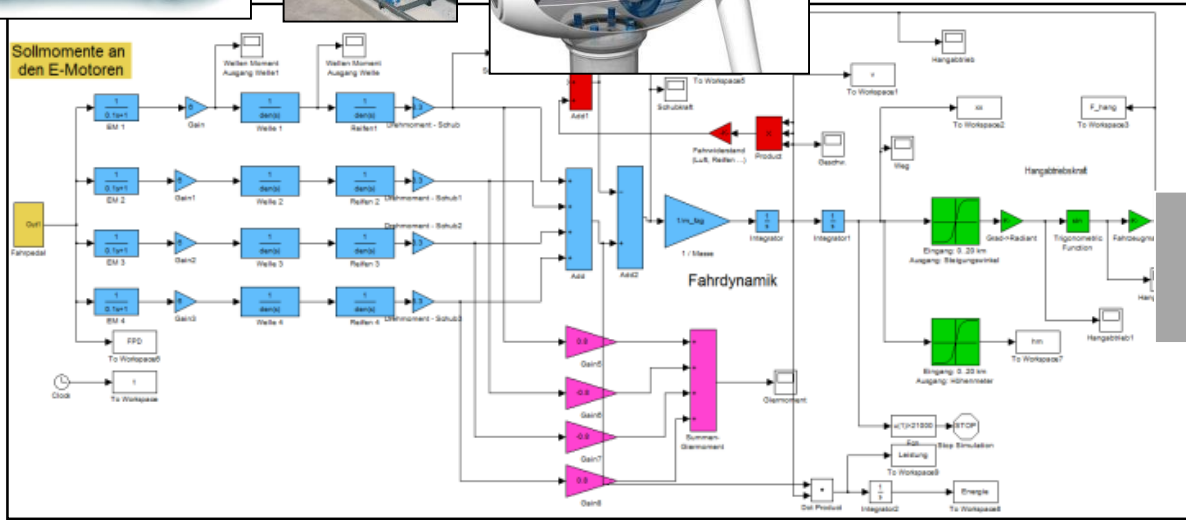
- Energieeffizienz
- Wartungsfreiheit
- Zuverlässigkeit
- Direktantriebe (Wegfall Getriebe)

Lernziele

- Abbildung des gesamten Antriebssystems (Energieversorgung, Ansteuerung, Maschine, Last) in einer Rechenumgebung / Modellbildung
- Simulation und Berechnung, Analyse des Systemverhaltens
- Grundlagen der Antriebsregelung
- **Auslegung und Optimierung von elektrischen Antrieben auf Basis von Simulation**

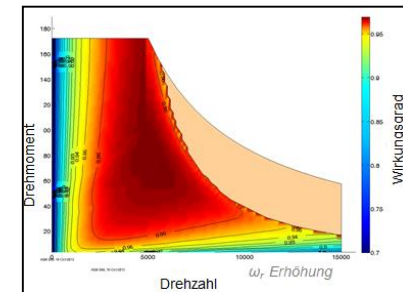
Drehstromantriebe und deren Simulation

Prof. Dr.-Ing. Markus Henke



Bewertung

- Leistung und Energie
- Performance (Drehmoment, Leistung, Drehzahl)
- Wirkungsgrad
- Spannungsbedarf, Strom
- Optimale Ansteuerverfahren



Entwurf Elektrischer Maschinen

Prof. Dr.-Ing. Markus Henke

Elektromagnetisches Design von effizienten und leistungsstarken Elektromotoren für

- Industrieanwendungen
- Elektrofahrzeuge

Wicklungen, Wicklungsaufbau, Wicklungsauslegung

Symmetrische Drehstromwicklungen

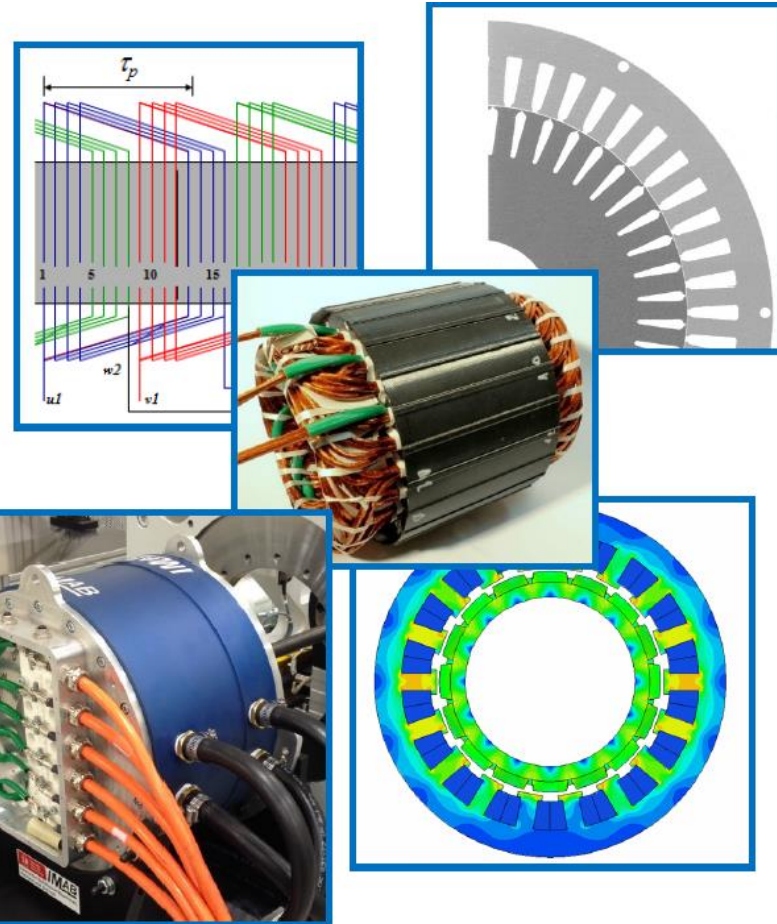
- Systematik symmetrischer Einzelzahnwicklungen
- Wahl des Wicklungstyps

Thermische Aspekte elektrischer Maschinen

- Wärmequellennetzwerke
- Temperaturverteilung innerhalb der Maschine
- Belüftung und Kühlung

Entwurf elektrischer Maschinen mit Hilfe numerischer Feldberechnung

- Nutzung der Finite-Elemente-Methode



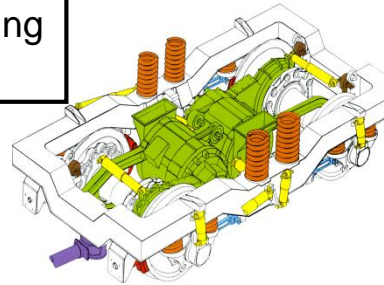
Übung: Konkreter Entwurfsprozess von Elektromotoren

Vorlesung Elektrische Antriebe für Schienenfahrzeuge

Prof. Dr.-Ing. Markus Henke

Antriebsstrang

Konstruktive Anbindung
Rotierend / Linear



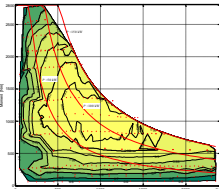
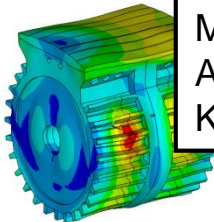
Systembetrachtung

Grundverständnis für techn.
Auslegungsgrößen, Randbedingungen
Längsdynamik



Fahrmotoren

Motorprinzipien
Ansteuerverfahren
Konzeptbewertung



Magnetschwebesysteme

Konzepte, Linearmotoren
Ansteuerverfahren
Bewertung



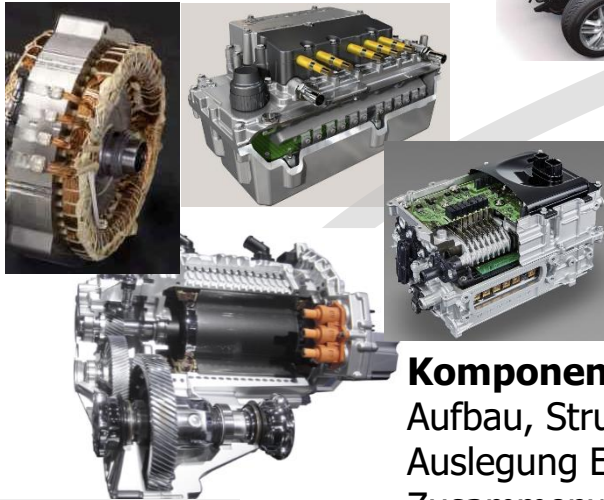
Lernziele

- Verständnis von Aufbau und Wirkungsweise von elektrischen Antrieben als Fahrzeugantrieb
- Auslegungs- und Bewertungskompetenz

Modul Elektrische Antriebe für Straßenfahrzeuge

Prof. Dr.-Ing. Markus Henke
Dr.-Ing. Tobias Böhm

Elektrische Fahrzeugantriebe
Antriebskonzepte für die Elektromobilität



Wichtige **Spezifikationsgrößen**
des Elektroantriebs

- Anforderungen Motor, LE
- Umgebungsbedingungen
- Betriebsbedingungen

Komponenten:

Aufbau, Struktur von Fahrzeugantrieben
Auslegung Elektrische Maschine
Zusammenwirken E-Motor + Leistungselektronik
Maschinentypen, Ansteuerung Leistungselektronik

Lernziele

- Verständnis von Aufbau und Wirkungsweise von elektrischen Antrieben als Fahrzeugantrieb
- Auslegungs- und Bewertungskompetenz

Anwendungen:

Antriebsstrangkonzepte
Simulation / Analyse von
Wirkungsweise und Effizienz
diverser Antriebsstränge
Brennstoffzellenfahrzeuge
48 V - Systeme



Regelung in der elektrischen Antriebstechnik

Prof. Dr.-Ing. Markus Henke

Regelungstechnische Grundlagen

- Auslegung von Regelkreisen, Regelkonzepte
- Zustandsregelungen, kaskadierte Regelungen
- Feldorientierte Regelungen
- Bewertung, Analyse von Regelkreisen

Anwendung der Regelungstechnik auf antriebstechnische Fragestellungen

Regelstrecken in der Antriebstechnik

- Modellbildung, Raumzeigertheorie
- Aktorik, Sensorik, elektrischer Maschinen und Last

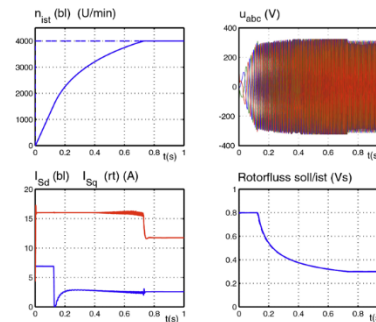
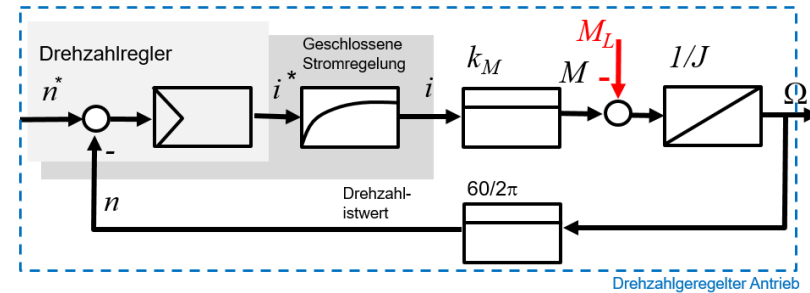
Verfahren zur Reglerauslegung in der Antriebstechnik

Simulationsgestützte Reglerauslegung

Verifikation von Regelungen am realen System

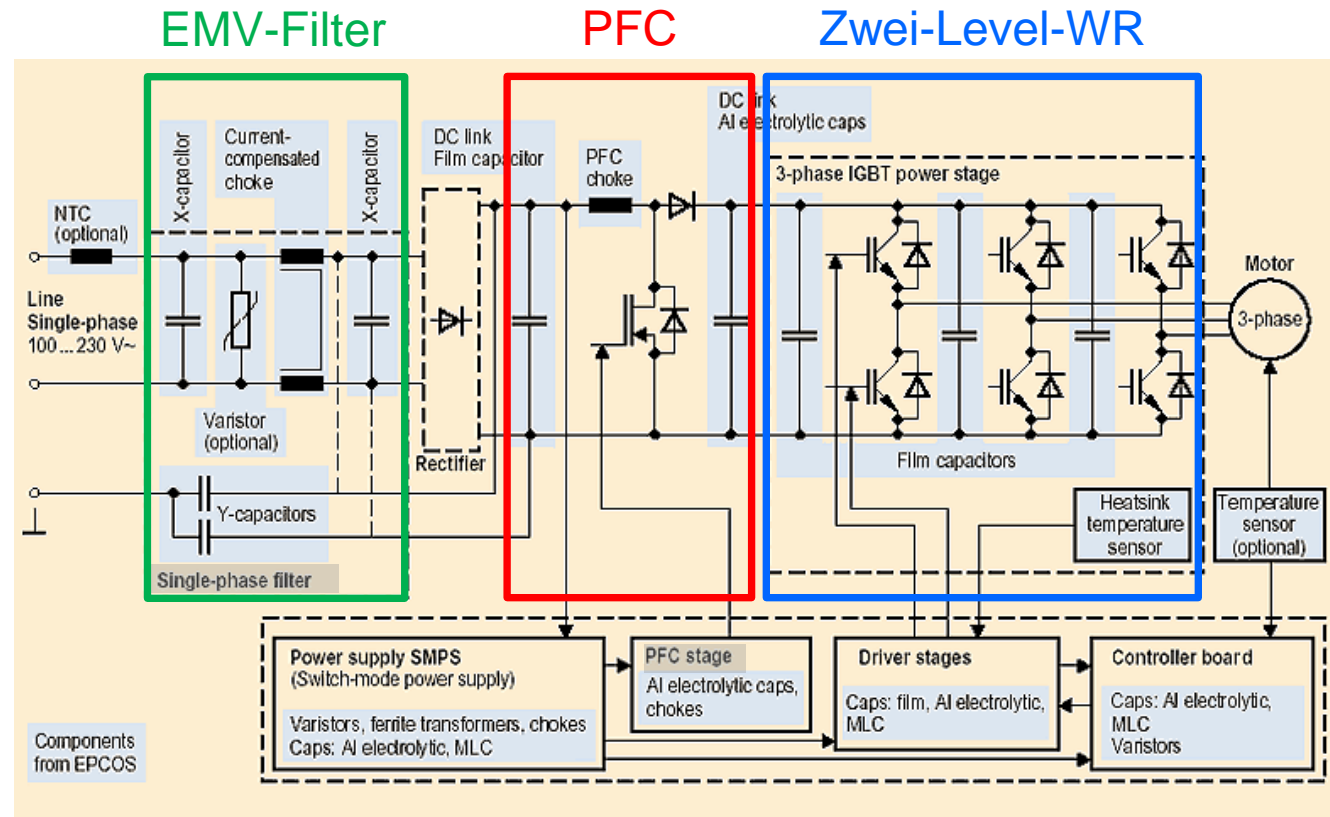
und am Prüfstand

Blick in die Anwendung: Antriebsregelung in Industrie und Mobilität



Inhalte:

- EMV-gerechtes Schaltungs-Design
- Filter-Schaltungen (EMV, du/dt, Sinus)
- Leistungsfaktorkorrektur (PFC, 1-/3-phasig)
- Resonanzwandler
- Zwei- und Mehr-Level-Wechselrichter



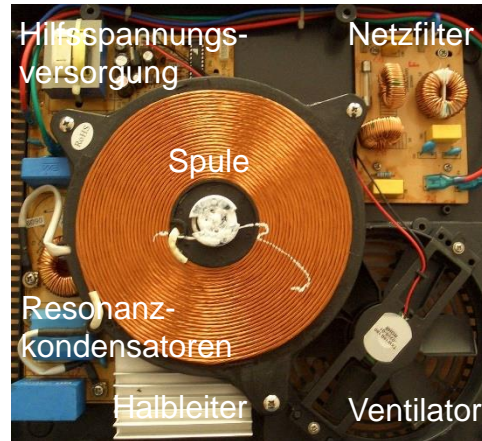
Blockschaltbild des Industrieantriebs

Angewandte Leistungselektronik

Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz

Inhalte:

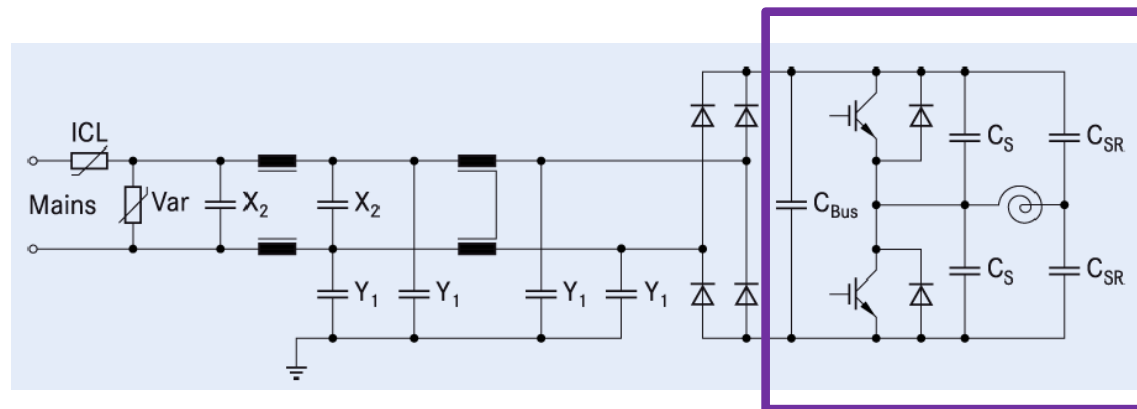
- EMV-gerechtes Schaltungs-Design
- Filter-Schaltungen (EMV, du/dt, Sinus)
- Leistungsfaktorkorrektur (PFC, 1-/3-phasig)
- Resonanzwandler
- Zwei- und Mehr-Level-Wechselrichter



Induktionskochplatte (ohne Abdeckung)

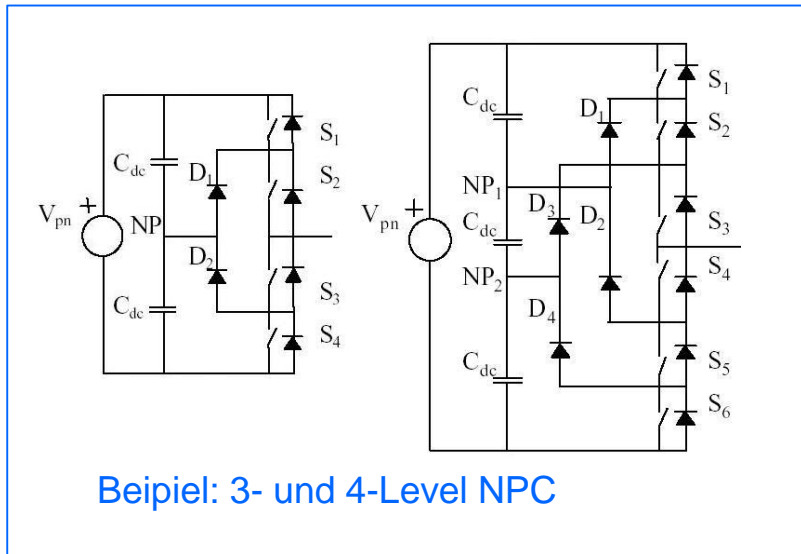


Induktives Laden von E-Fahrzeugen



Angewandte Leistungselektronik

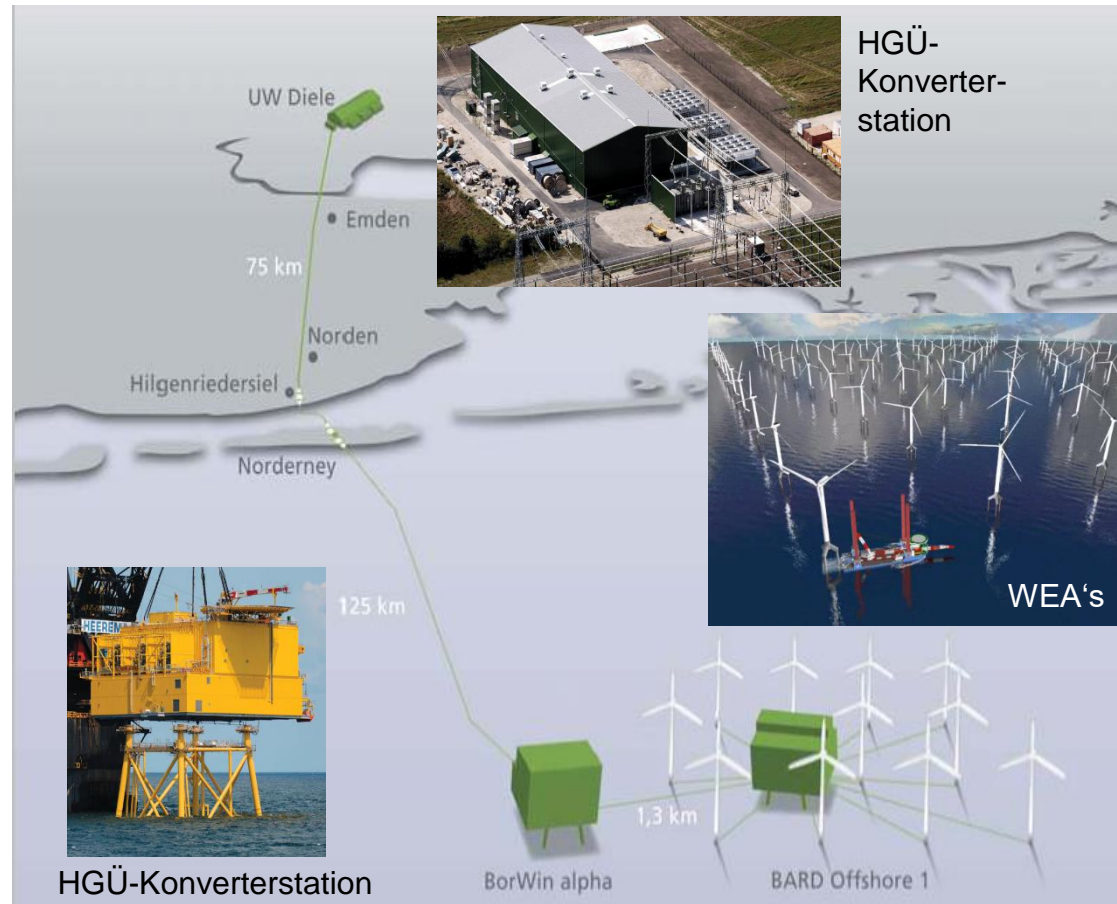
Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz



- Zwei- und Mehr-Level-Wechselrichter



Bahntechnik



Energieerzeugung und -verteilung: Beispiel Offshore-Windpark mit HGÜ zur Netzanbindung

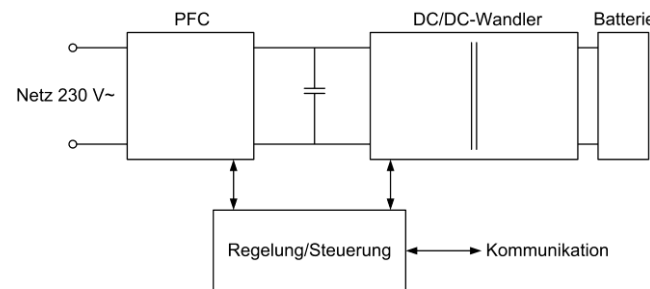
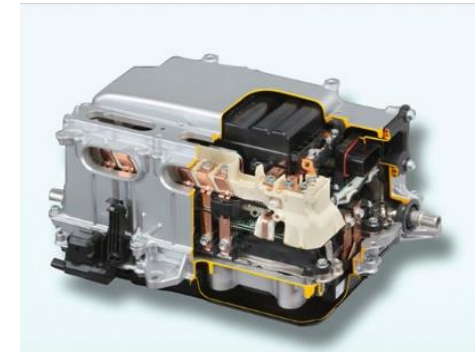
Erweiterte Leistungselektronik

Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz

- Inhalte:
 - Spezifische Leistungselektronik für
 - die E-Fahrzeugantrieb,
 - die E-Fahrzeugbatterien,
 - die moderne Energieversorgung (Speicher, PV, Wind),
 - Methoden zur Verlustberechnung bzw. Schaltungsvergleich
 - Zuverlässigkeit, Lebensdauer
 - Spezielle Bauelemente (SiC- und GaN-Leistungshalbleitern, magnetische Bauelemente als Schalter)
 - Entwärmung und moderne Kühlsysteme



Ladegerät und Antriebs-Wechselrichter im E-Fahrzeug



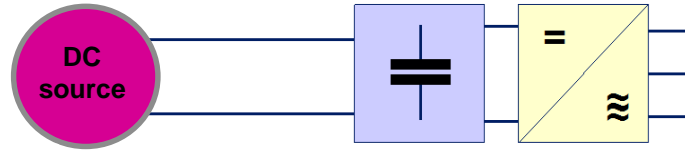
Erweiterte Leistungselektronik

Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz



**Netzanbindung
von dezentralen
Energieerzeugern
und -speichern**

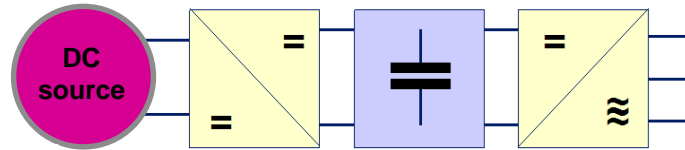
a)



DC to AC

- Photovoltaik
- Batteriespeicher
- Brennstoffzellen

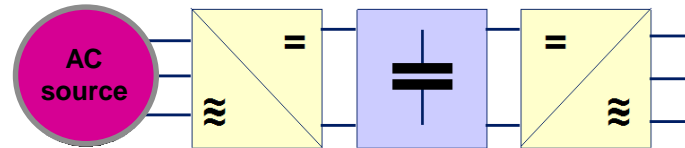
b)



DC to AC with Step Up

- Photovoltaik
- Batteriespeicher
- Brennstoffzellen

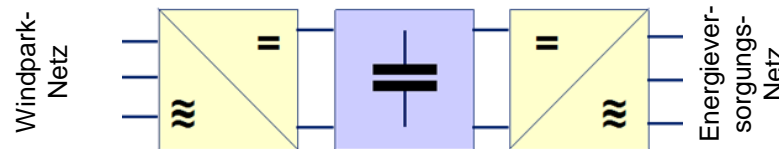
c)



AC to AC

- Windumrichter
- Mikroturbinen

d)



AC to AC grid

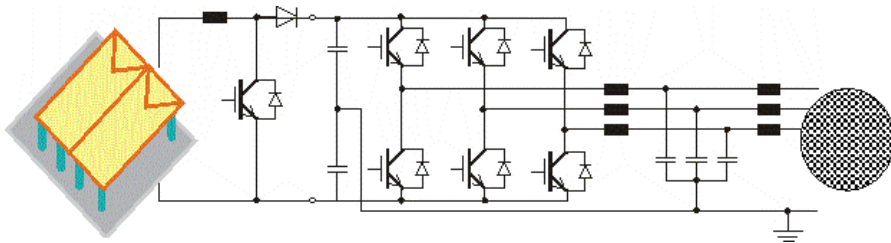
- HGÜ

Erweiterte Leistungselektronik

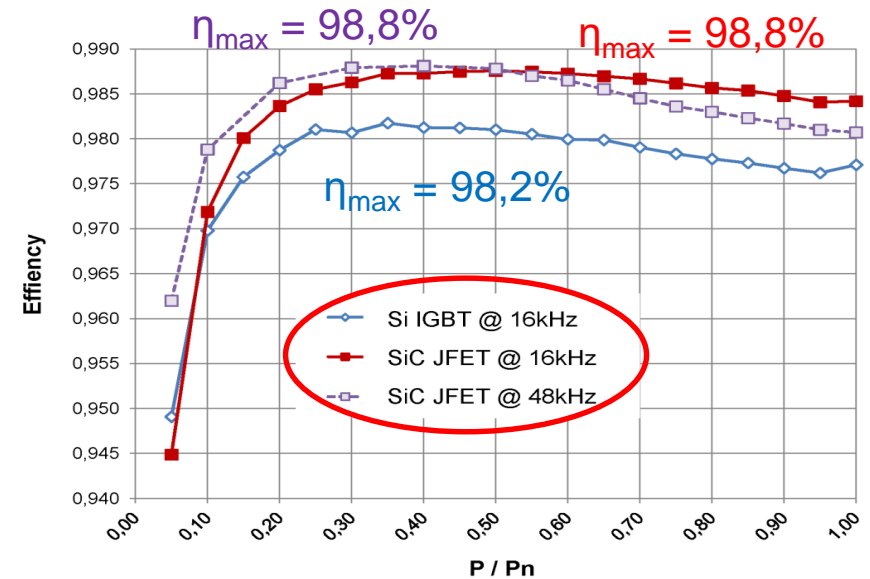
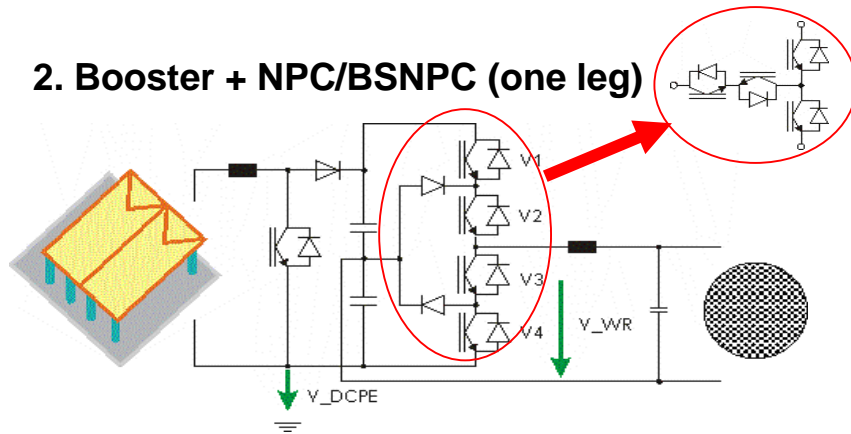
Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz

Beispiel: Topologien, deren Komponenten und Auslegung für PV-Wechselrichter

1. Booster + B6 Bridge



2. Booster + NPC/BSNPC (one leg)



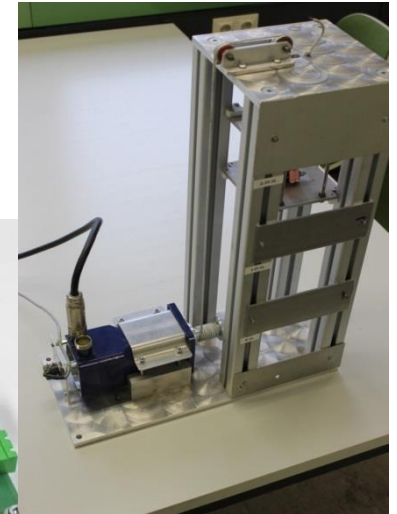
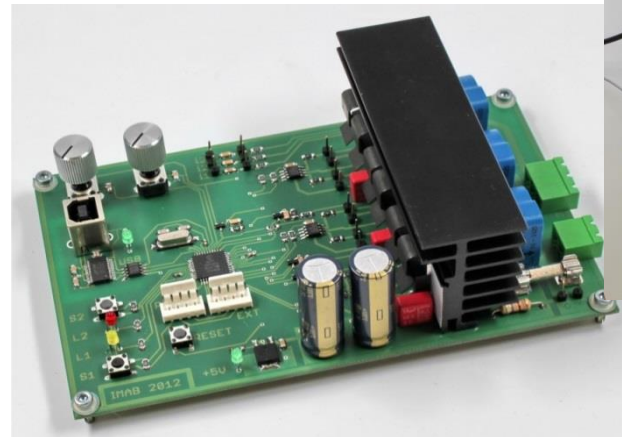
Wirkungsgrade von dreiphasigen 17kW - PV-Labor-Wechselrichtern, betrieben im optimalen Arbeitspunkt

Praktikum Leistungselektronik

- Querschnitt durch verschiedene Themen der Leistungselektronik
- **Eigenständiges Aufbauen, Inbetriebnehmen, Vermessen, Programmieren von leistungselektronischen Schaltungen**

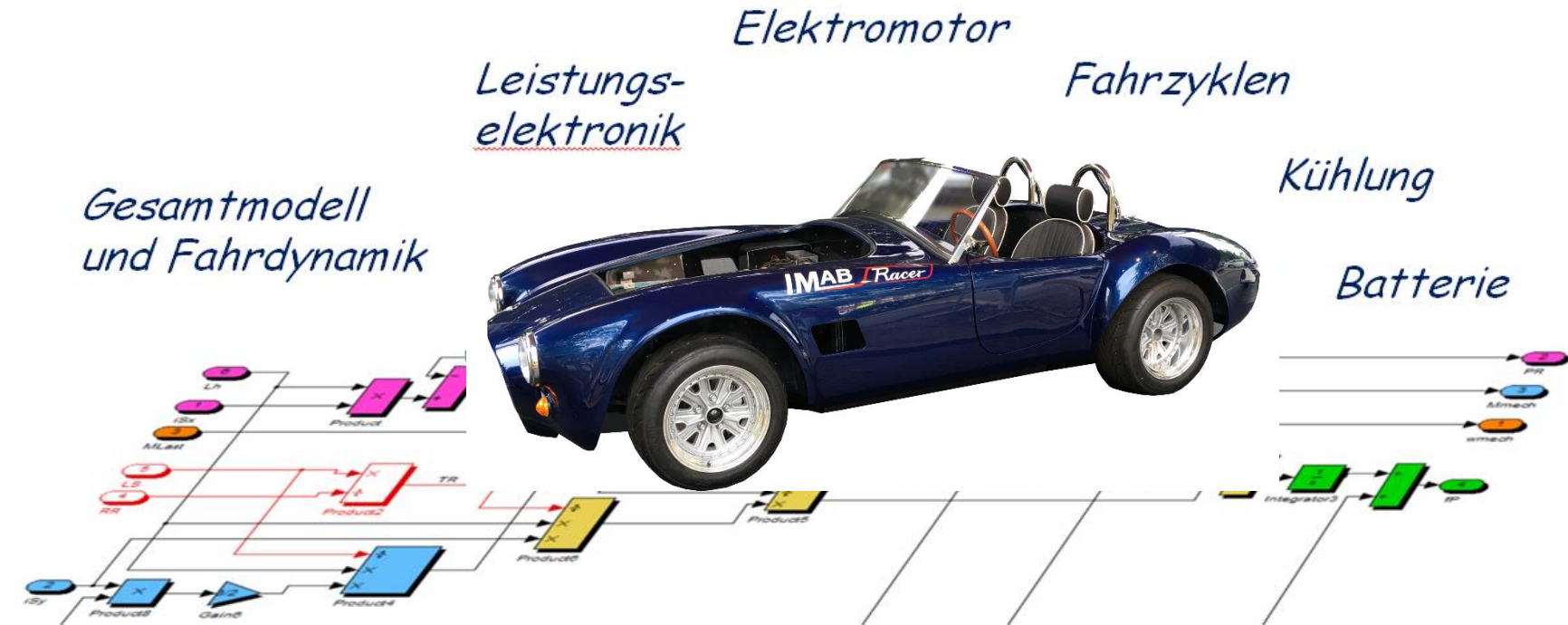
Aktuell sechs Versuche:

1. **Gleichstromsteller**
2. **Leistungsfaktorkorrektur**
3. **Entwurf eines Antriebsumrichters**
4. **Simulation eines wechselrichter-
gespeisten Drehstromantriebes**
5. **Programmierung eines
Antriebswechselrichters**
6. **Programmierung einer
Fahrstuhlsteuerung**



Praktikum Antriebssysteme für Elektrofahrzeuge

IMAB-Racer – Aufbau eines E-Fahrzeugs



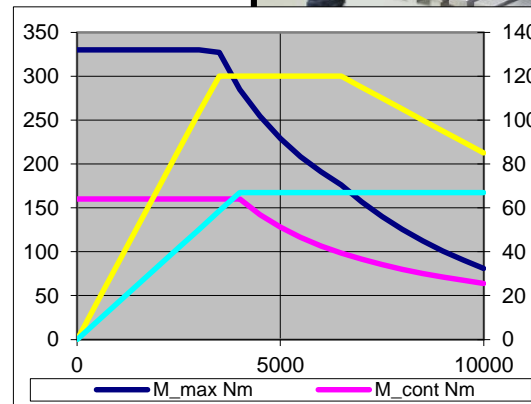
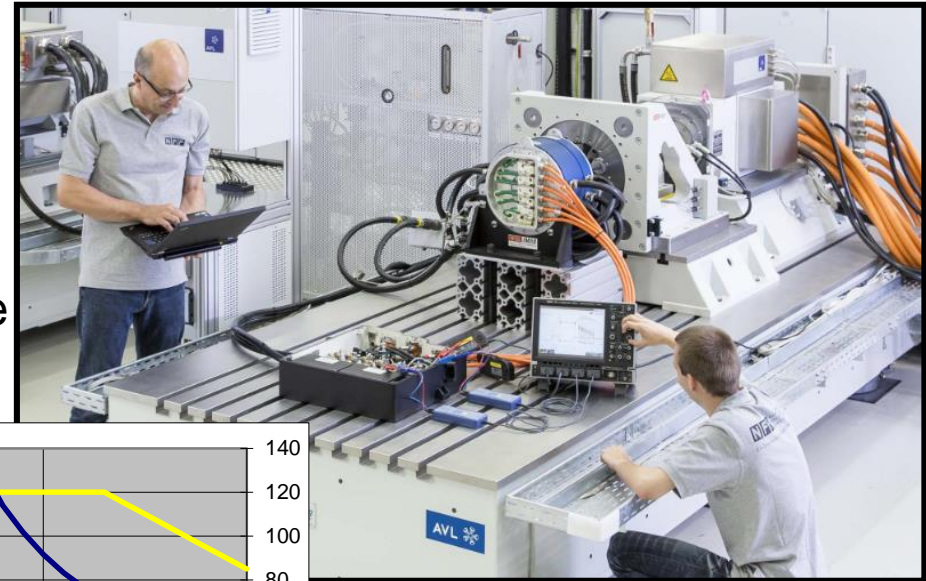
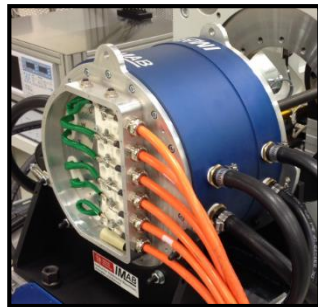
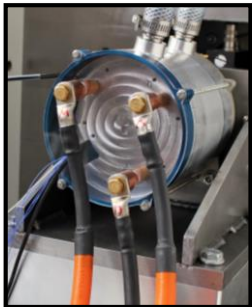
Praktische Versuche an den Komponenten der Forschungsplattform IMAB-Racer

Praktikum Elektrische Maschinen

- Vertiefende Betrachtung verschiedener Maschinentypen in Kolloquium und Versuch

Aktuell fünf Versuche:

1. Gleichstrommaschine
2. Vollpol-Synchronmaschine
3. Asynchronmaschine am Netz
4. Wechselrichtergespeiste Asynchronmaschine
5. Linearantriebe für Werkzeugmaschinen



Vermessung von Antrieben am Prüfstand

Studentische Arbeiten, Seminarvorträge

- Laufend aktuelle Themen mit Praxisbezug (**siehe www.imab.de**)
- Typische Aufgaben:
 - Dimensionierung, Entwurf, Aufbau und Inbetriebnahme elektronischer Schaltungen
 - Vergleich unterschiedlicher Schaltungstopologien mittels Simulation
 - Programmierung von Software für Mess- und Steueraufgaben
 - Auslegung von Leistungselektronik, elektrische Maschinen

