

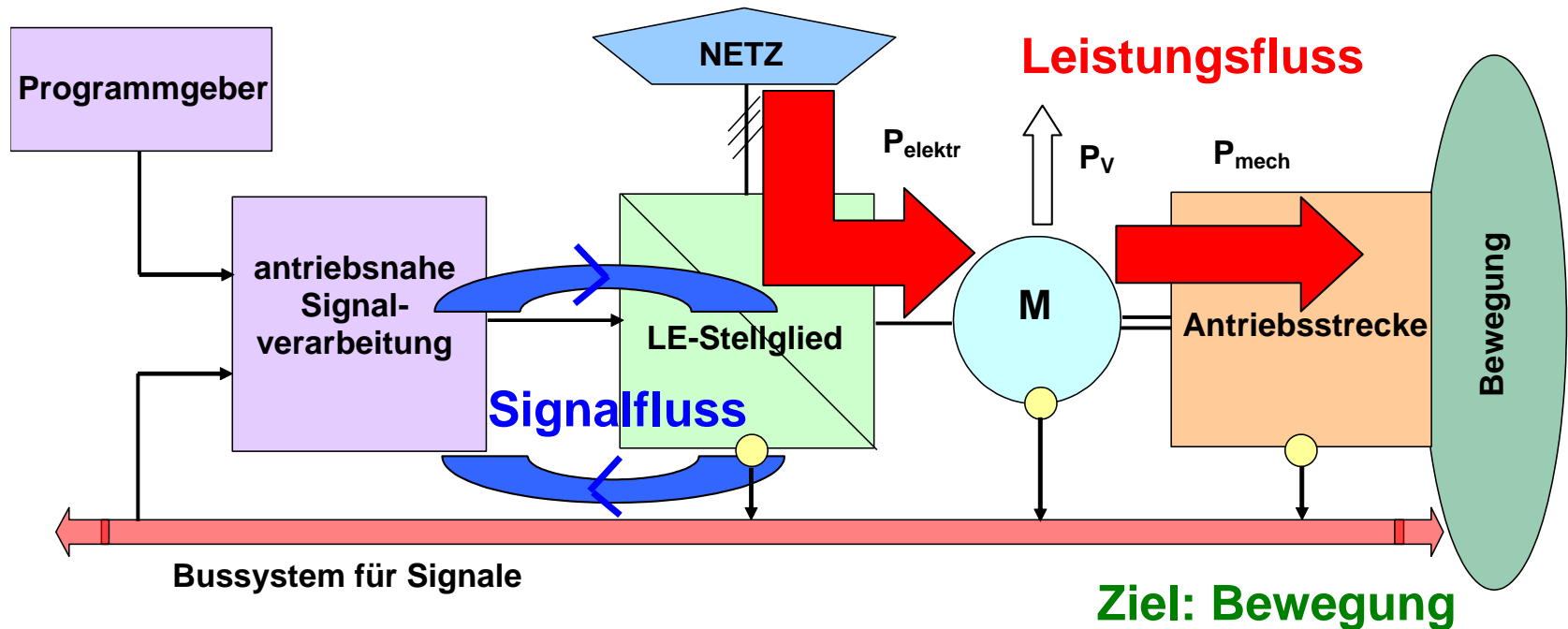


# **Vorstellung des Wahlpflichtprofils Makromechatronik**

**PD Dr.-Ing. habil. Volkmar Müller**

**Dresden, 01. April 2020**

## Was ist Makromechatronik? – Übersicht (1)



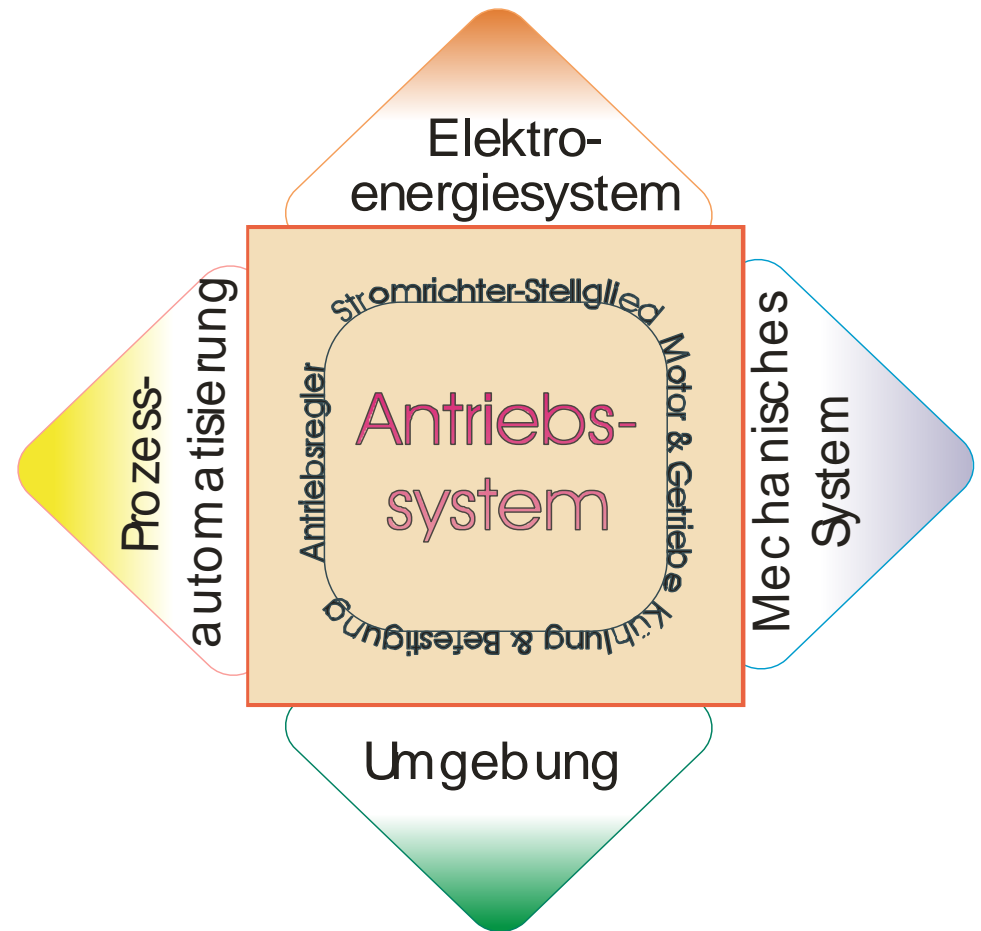
**Makromechatronische Systeme** ( $P = 1 \text{ kW} \dots 10 \text{ MW}$ ) enthalten gesteuerte und geregelte elektromechanische **Energiewandler**. Diese erzeugen durch die Wechselwirkung von **Leistungsfloss** und **Signalfluss** Bewegungen.

## Was ist Makromechatronik? – Übersicht (2)

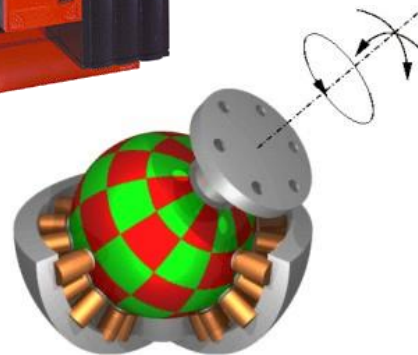
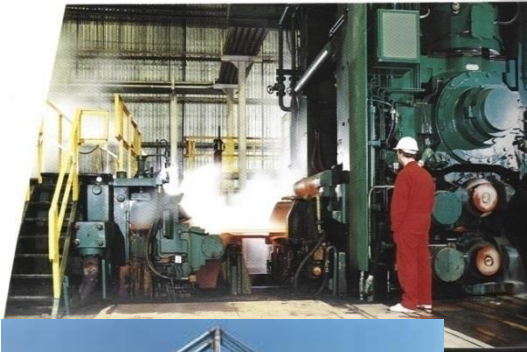
### Das makromechatronische System und seine Schnittstellen

Das Synonym zum makromechatronischen System ist das elektrische Antriebssystem mit den Schnittstellen :

- Mechanisches System
- Automatisierungssystem
- Energieversorgungsnetz
- Umgebung (Wärme, Geräusche, Schwingungen)



# Was ist Makromechatronik? – Anwendungen



Fa. Theegarten Pactec



## Inhalte des Profils Makromechatronik

### Lehrveranstaltungen der **methodenorientierten** Module:

#### **Modul M04: Regelung/Steuerung**

- LV 1      **Stochastische Signale und Systeme**
- LV 2      **Regelungstechnik II**
- LV 3      **Nichtlineare Regelungssysteme**
- PK        **Komplexpraktikum Regelung/Steuerung**

#### **Modul M05: Elektrische Antriebstechnik:**

- LV 1      **Elektrische Antriebe**
- LV 2      **Leistungselektronik II**
- LV 3      **Elektrische Maschinen I**
- PK        **Komplexpraktikum Antriebstechnik**

## Inhalte des Profils Makromechatronik

### Lehrveranstaltungen der **anwendungsorientierten** Module

#### **Modul A01: Kraftfahrzeugtechnik**

- LV 1 **Längsdynamik**
- LV 2 **Quer- und Vertikaldynamik**
- LV 3 **Konstruktion und Berechnung von KFZ**
- LV 4 **Simulation Kraftfahrzeugtechnik**
- LV 5 **Elektronik und Informationstechnik im KFZ**
- PK **Laborpraktikum KFZ-technik**

#### **Modul A02: Schienenfahrzeugtechnik**

- LV 1 **Schienenfahrzeug-/Bremstechnik**
- LV 2 **Elektrische Bahnen**
- LV 3 **Mehrkörperdynamik**
- LV 4 **Bahnsicherungssysteme**
- PK **Komplexpraktikum Schienenfahrzeugtechnik**

## **Modul A04: Bewegungssteuerung**

LV 1 **Automatisierte Antriebe**

LV 2 **Digitale Antriebsregelung**

LV 3 **Entwurf von Antriebssystemen**

PK **Komplexpraktikum Bewegungssteuerung**

## **Modul A05: Luft- und Raumfahrt**

LV 1 **Lageregelung für Raumfahrzeuge**

LV 2 **Raumstationen**

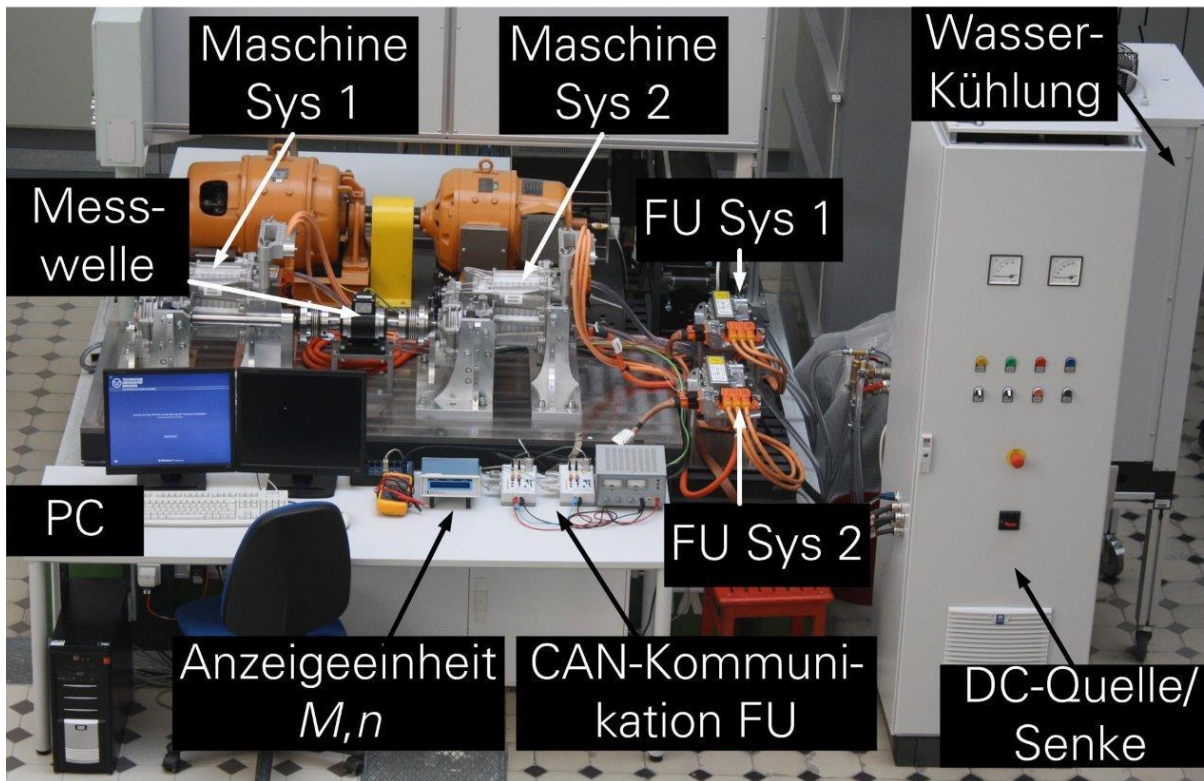
LV 3 **Luftfahrzeugkonstruktion 1**

LV 4 **Faserverbundkonstruktion**

PK **Komplexpraktikum Luft- u. Raumfahrt**

## Beispiele mechatronischer Systeme im Praktikum (1)

### Versuchsstand „Elektromobilität“



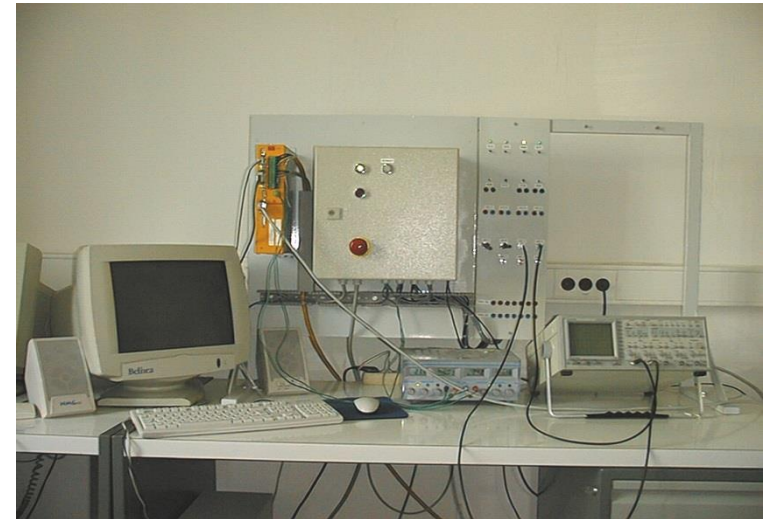
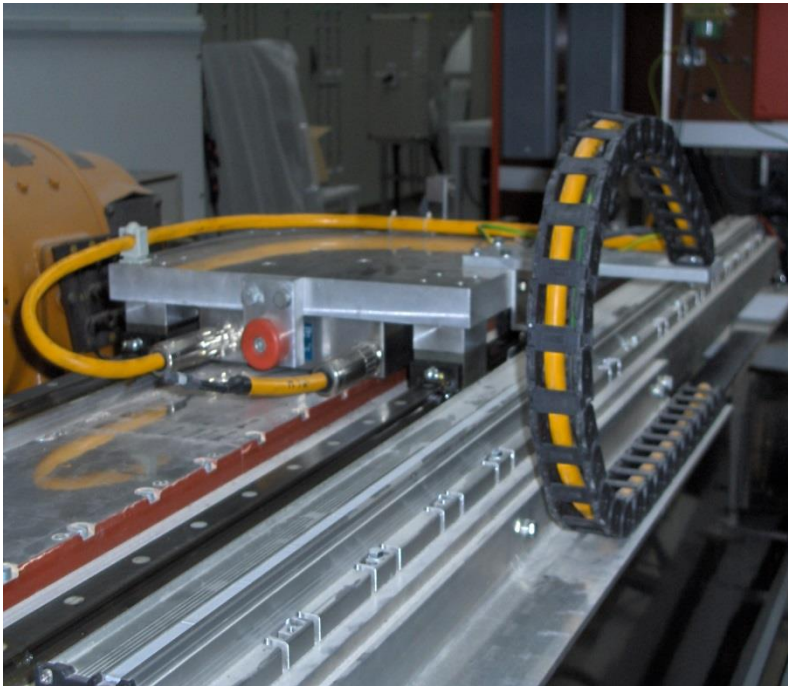
Mit zwei gekoppelten Antriebseinheiten des „Renault Zoe“ (EV)

Untersuchungen zu:

- Leistungsmessung
- Wirkungsgrade
- Fahrzyklen
- Batterienachbildung
- Kühlung
- Kommunikation über Bussysteme

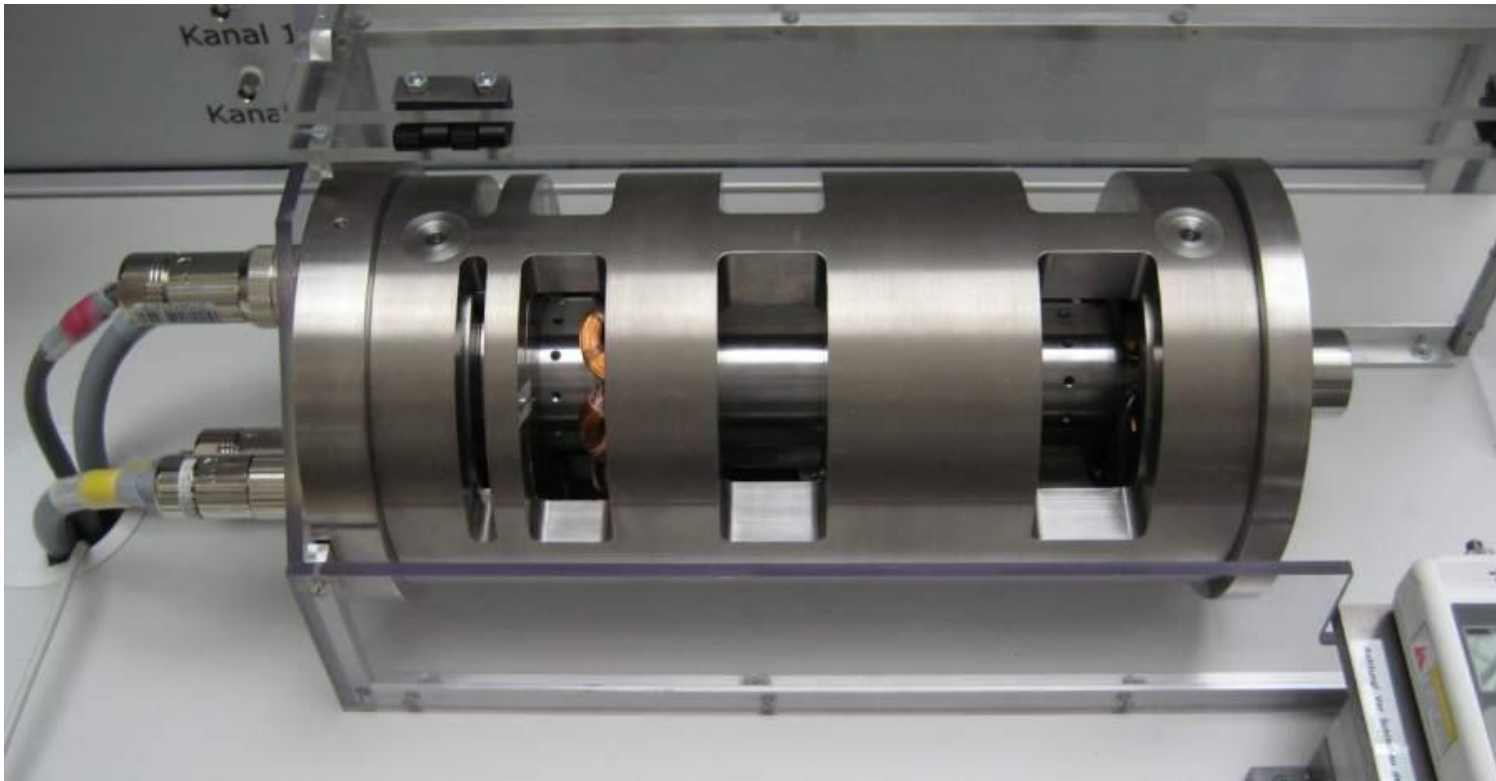


## Beispiele mechatronischer Systeme im Praktikum (2)



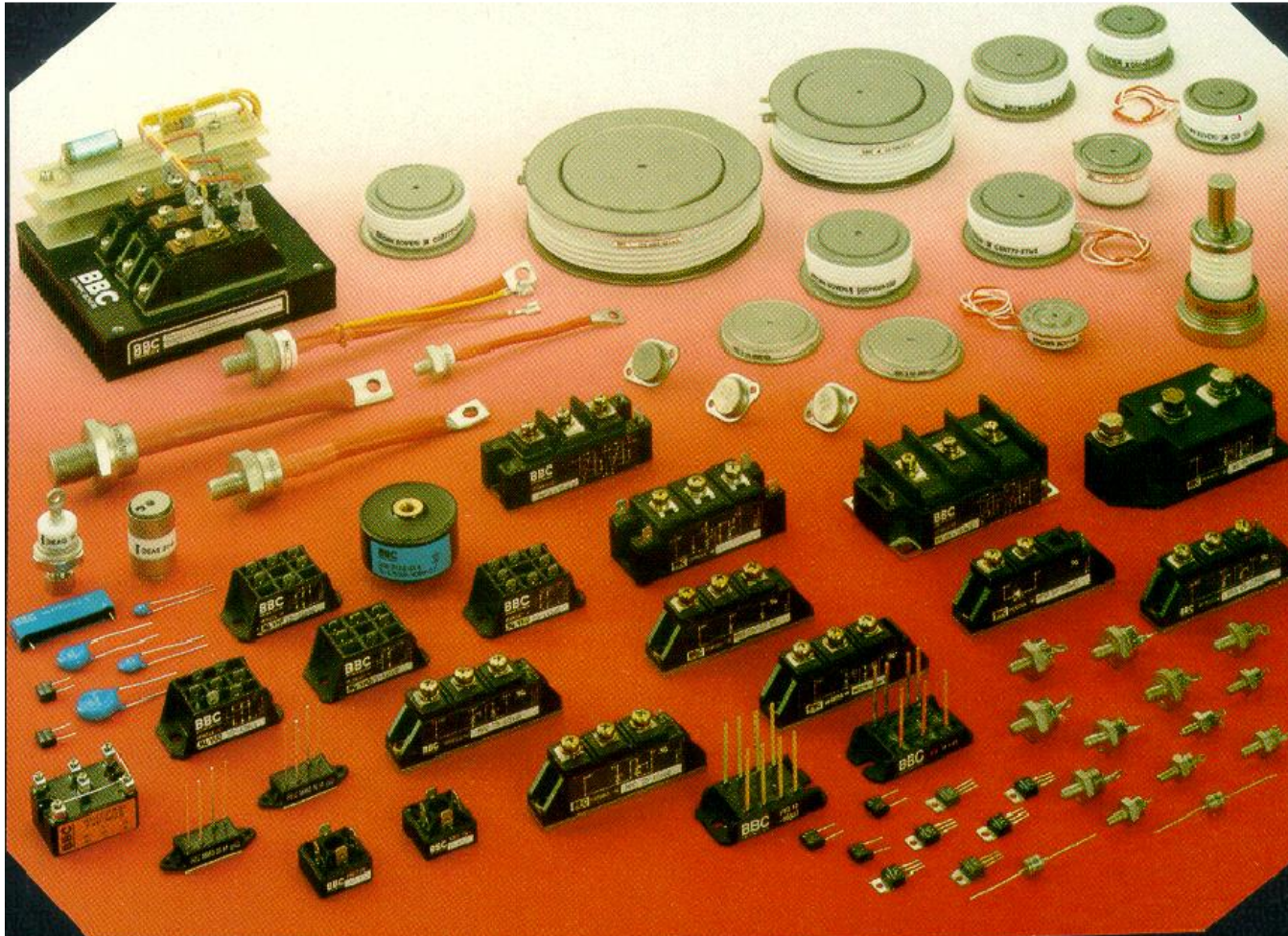
Regelung von **Linearantrieben** für Vorschubachsen in Werkzeugmaschinen, aber auch unkonventionelle Anwendungen: Rammen, Pressen

## Beispiele mechatronischer Systeme im Praktikum (3)

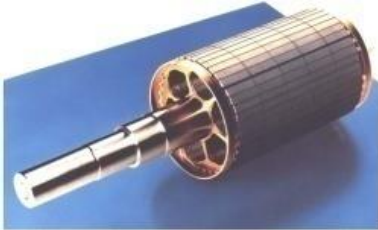


**Magnetlagertechnik** für extrem schnelllaufende Motoren ( $N_{\max} = 30.000 \text{ min}^{-1}$ ) anstelle konventioneller Lager. Foto: Demonstrationsmodell in offener Bauweise

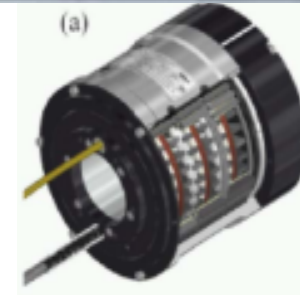
# Komponenten: Halbleiter-Leistungsbaulemente bis 6 kA und 8 kV



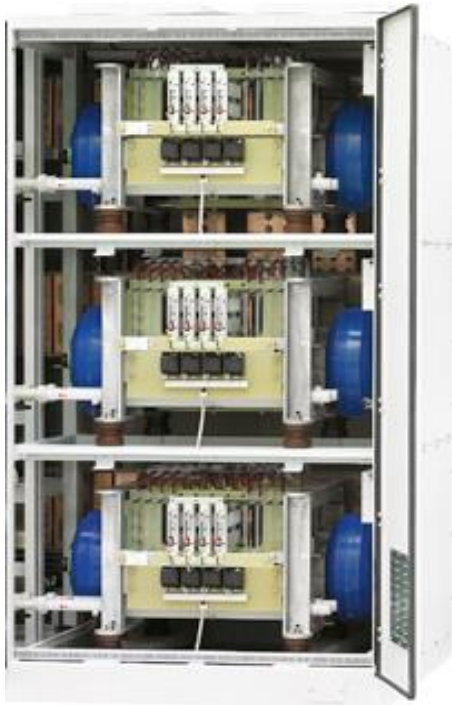
# Komponenten: energieeffiziente Motoren und Generatoren



Neue Werkstoffe  
Neue Konstruktionen

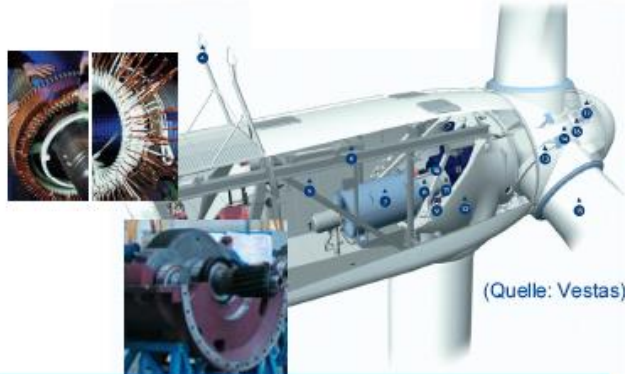


## Komponenten: Informationselektronik und Software



Verbindung und konstruktive Einheit von  
Leistungselektronik - Informationselektronik

## Technologietrend - Regenerative Kraftwerke



**Windkraftgenerator und Getriebe  
in der 1,5MW Klasse**



**Windkraftgeneratoren mit 1,5MW  
als mechatronischer Direktantrieb**

Nutzung der  
Windkraft



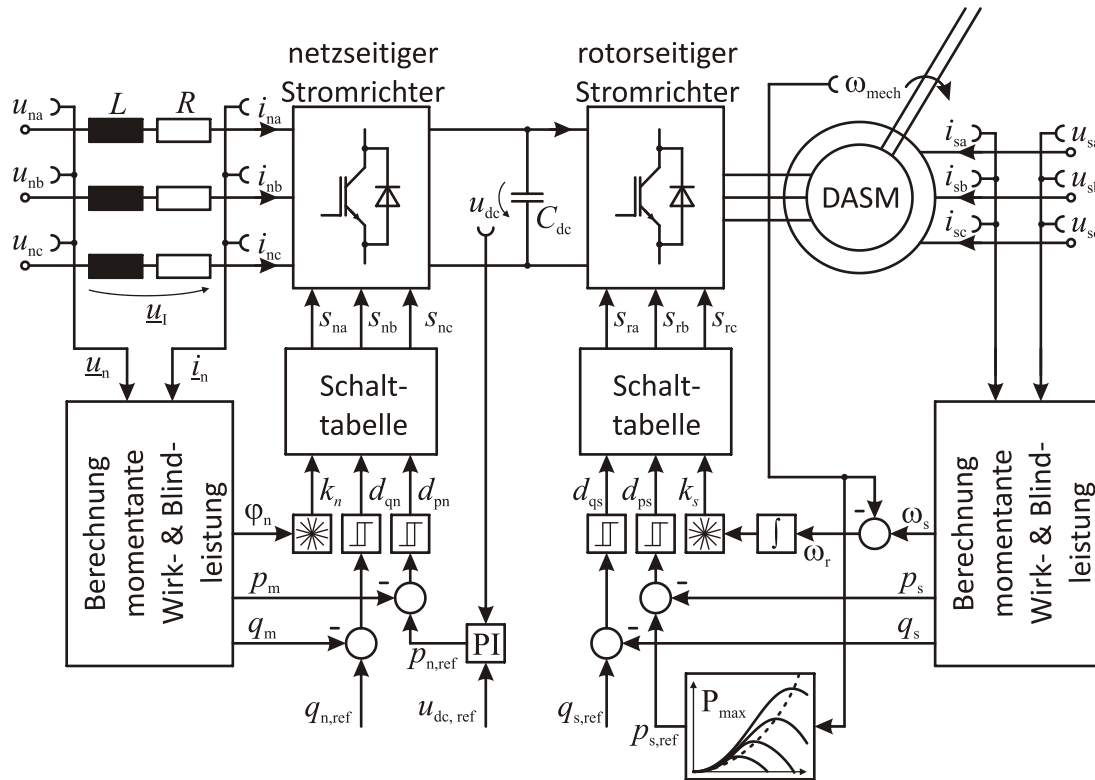
**Integrierte Wasserkraftgeneratoren**



**Meereswellengenerator**

Nutzung der  
Meeresströmung  
und Gezeiten

## Beispiele zur Forschung

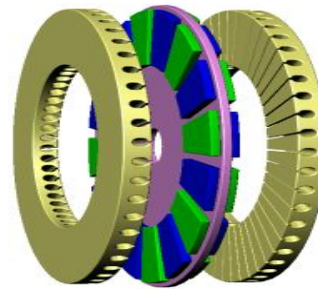
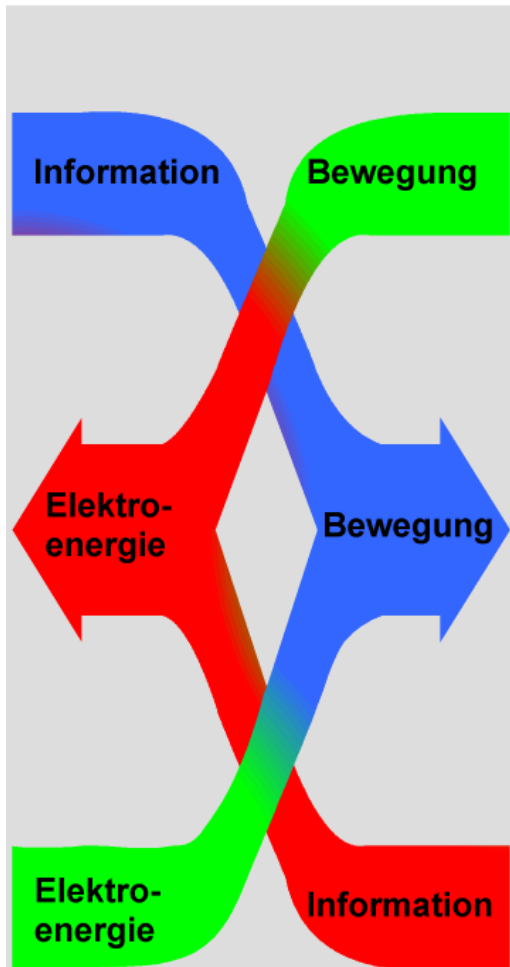


**Direkte Leistungsregelung (DPC)** von  
 Asynchrongeneratoren für den Einsatz in  
 Windenergieanlagen



Copyright: BMU / Bernd Müller

## Trend: Energieeffizienzmethoden



**Motoren:** Design  
 Regelung  
 Kühlung



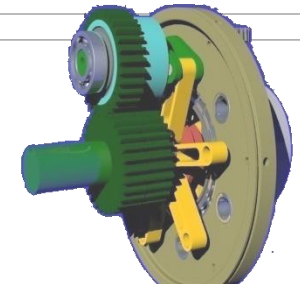
**Magnetlager:** Regelung  
 Sensorik



**Anlagen:** Regelung  
 Auslegung



# Forschung: Energieoptimale Steuerung elektrischer Antriebe mit stufenlos variablen Getrieben (CVT)



Anwendungsbeispiel  
Beschleunigungsantriebe



Lösen nichtlinearer  
Optimierungsprobleme



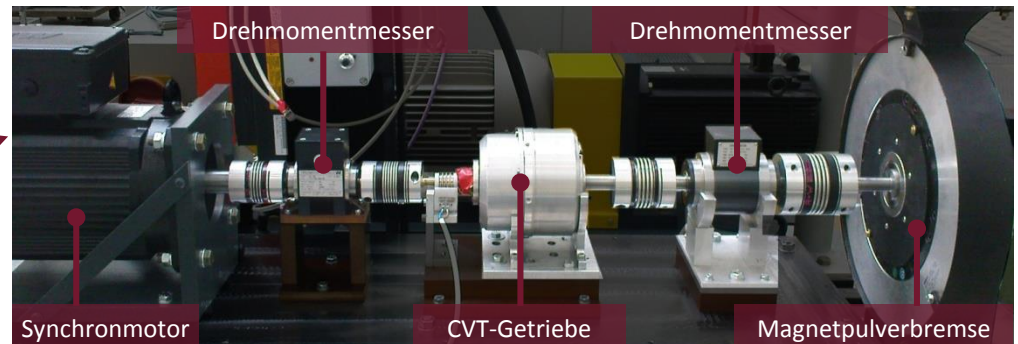
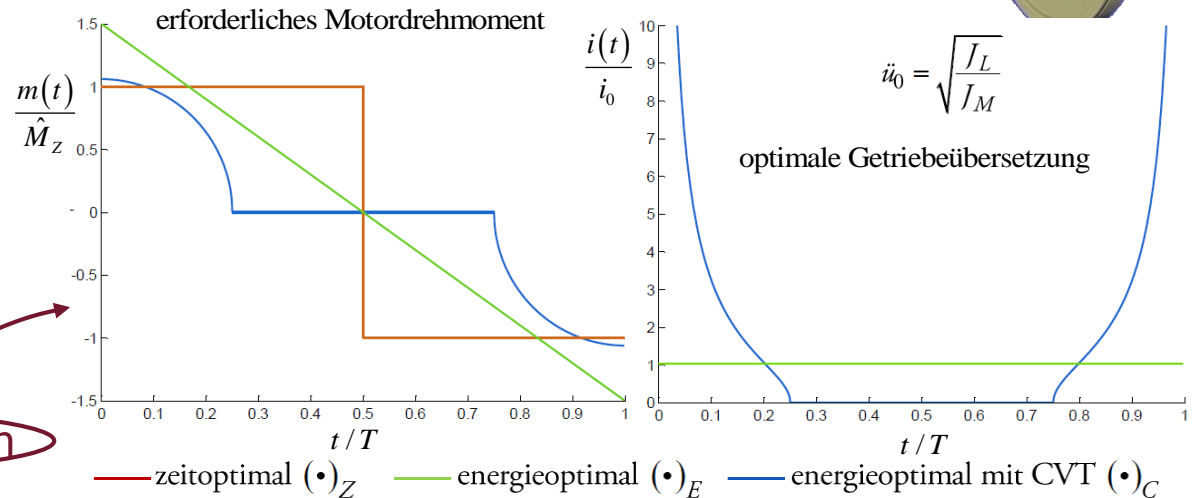
Ergebnis für Steuergrößen



Implementierung in einem  
Entwicklungssystem



Experimentelle Erprobung



## Trend - Hybridtechnik im Auto - **Beispiele zur Forschung**

Antriebsstrang eines  
Hybridautobusses mit 42 m Länge  
(AutoTram<sup>®</sup>-Projekt)



Batterien und  
Kondensatoren



**PM-Synchronmaschine  
(160 kW)  
TU Dresden, ETI**

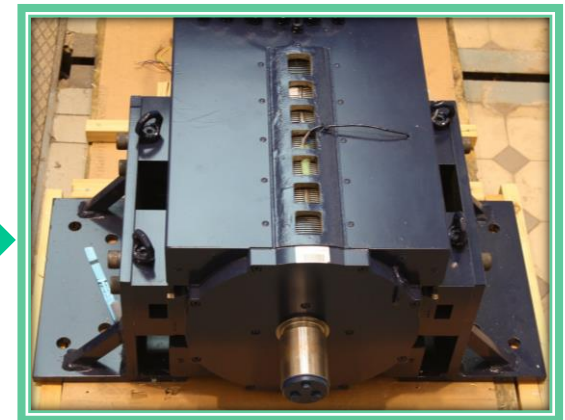
Dieselmotor



Synchrongenerator



Beispiel: Serieller Hybridantriebantrieb

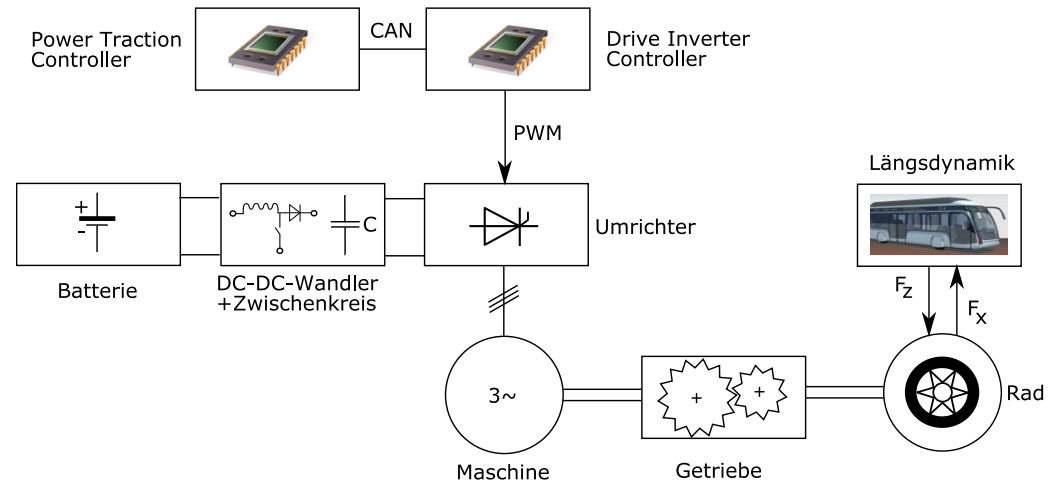


## Beispiele für Diplomarbeiten



Designstudie: [www.autotram.net](http://www.autotram.net)

### Simulative Auslegung der Antriebskomponenten eines Hybridbusses

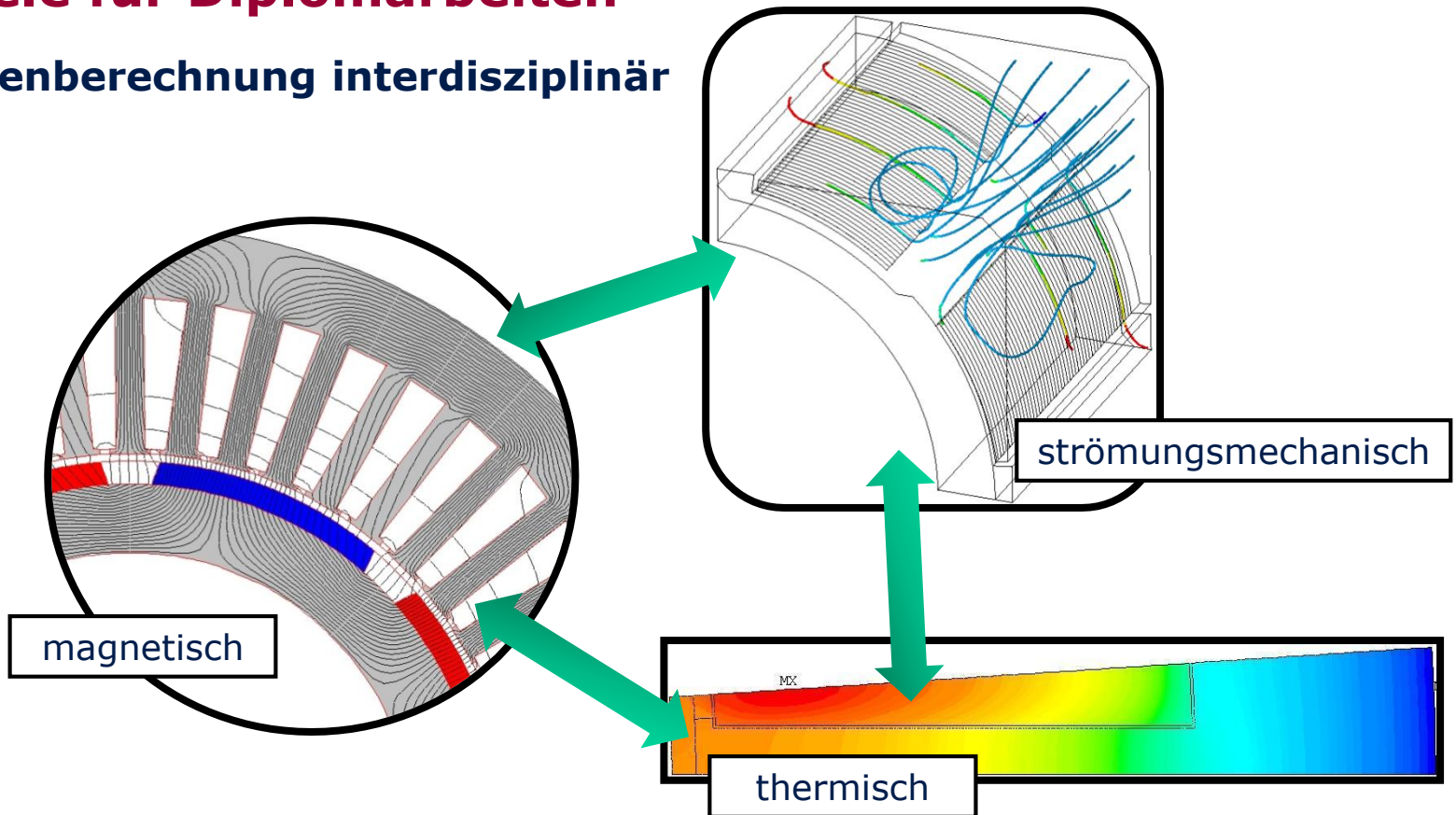


### Untersuchungen zu:

- Optimierung der Regelung des Fahrmotors
- Makrosimulation des Antriebsstrangs (Fahrzyklen)
- Prüfstanduntersuchungen des Fahrmotors
- Packaging von Fahrumrichter, Maschine und Antriebsachse im Fahrzeug

## Beispiele für Diplomarbeiten

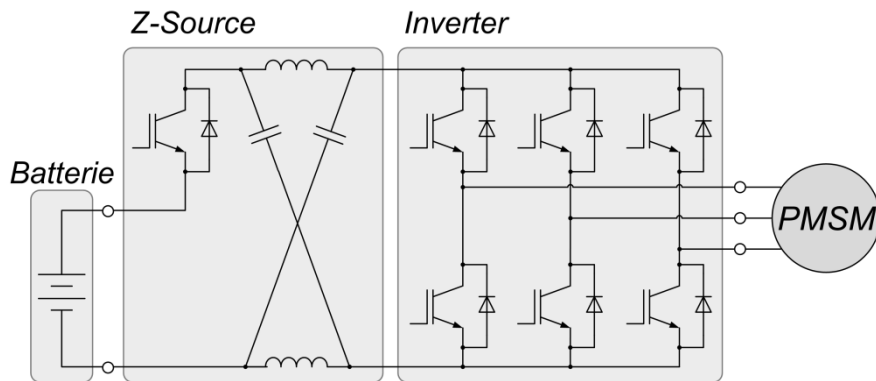
### Maschinenberechnung interdisziplinär



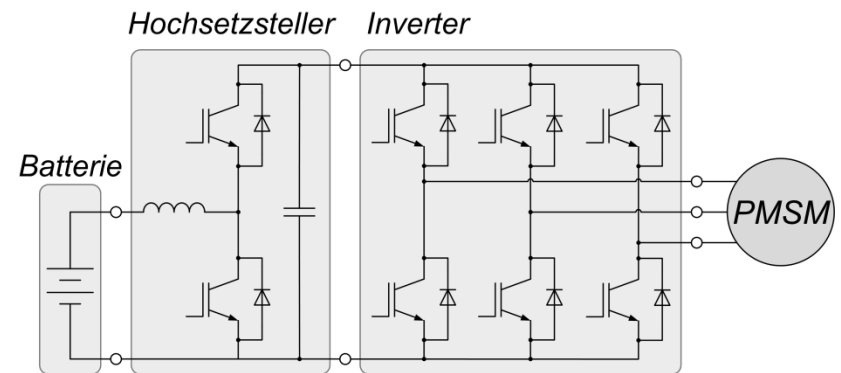
Gekoppelte Berechnung  
**magnetischer, thermischer** und **strömungsmechanischer Vorgänge**

## Beispiele für Diplomarbeiten

Inverter mit Impedanz-  
Zwischenkreis (Z-Source)



Inverter mit Hochsetzsteller  
im Zwischenkreis



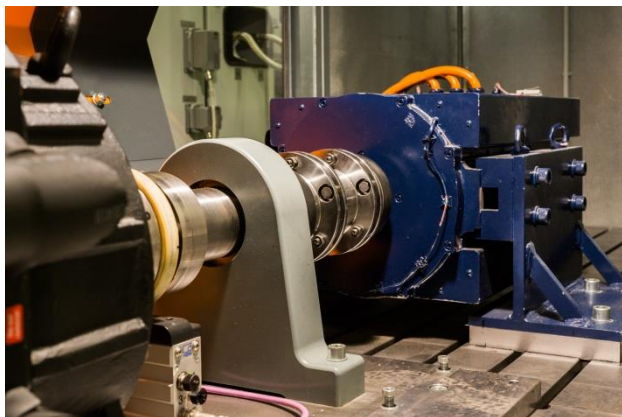
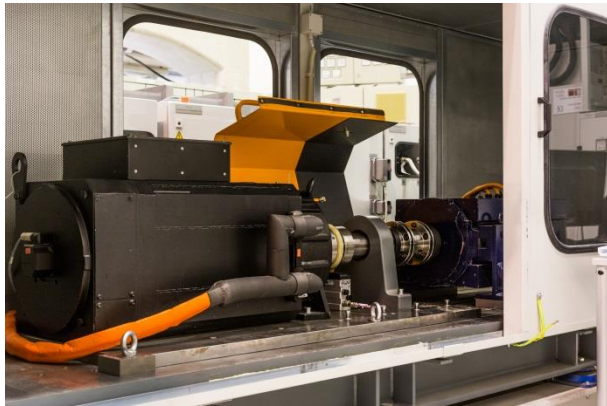
### Untersuchungen von leistungselektronischen Stellgliedern

bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen:

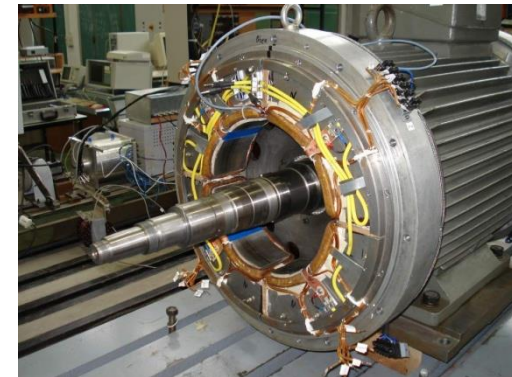
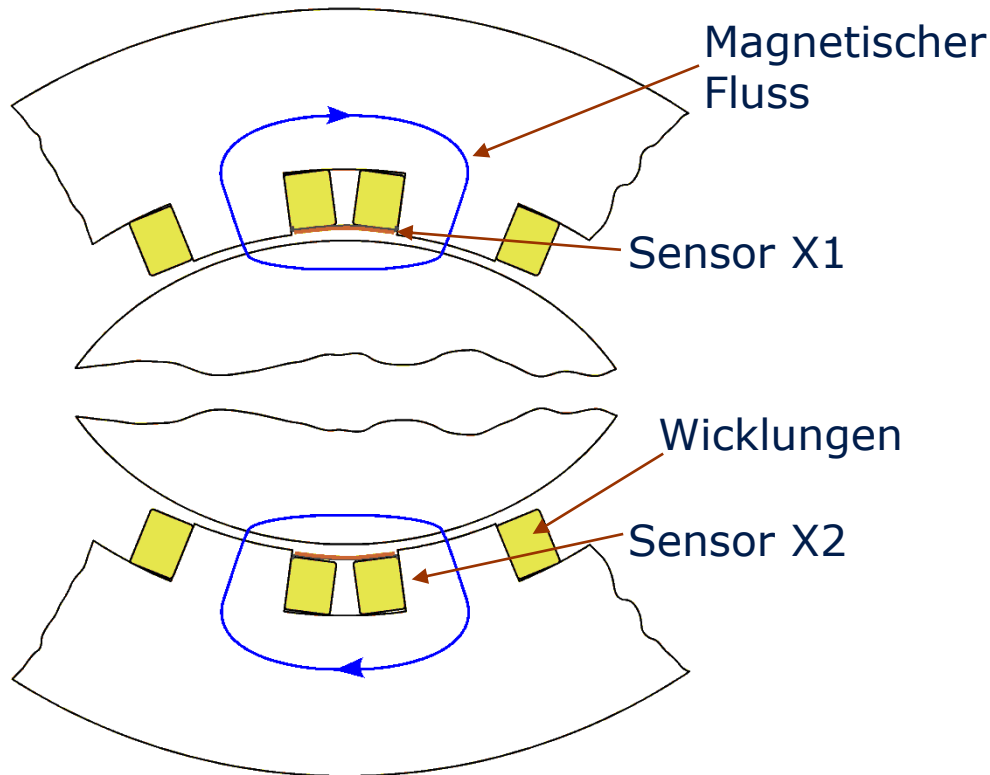
- Anpassung an unterschiedliche **Batteriespannungen** (450 V ... 850 V)
- Verluste und Erwärmung im Stromrichter
- Rückwirkung der Stromrichter auf die Batterie

## Forschungsversuchsstand elektrische Maschinen und Antriebe für stationäre und mobile Anwendungen

Grenzwerte:  $N_{max}=13.550 \text{ min}^{-1}$ ;  $M_{max}=2.000 \text{ Nm}$ ;  $P_{max}=220 \text{ kW}$



## Sensortechnik - Beispiel für Diplomarbeiten



Magnetlagerversuchsstand  
mit integrierten Lagesensoren

Lagerachse eines aktiven Magnetlagers – neuartige **Integration**  
kapazitiver Lagesensoren in aktive Magnetlager

## Forschungsthema: Elektrofahrrad



Umrüstantrieb für Elektrofahrrad

Quelle: Binova GmbH  
Liebstädter Str. 2, 01768 Glashütte



Quelle: Urban-e GmbH & Co. KG  
Glashütte





## Elektrischer Fahrzeugantrieb im Rennwagen „Altium“ des Elbflorace e.V.:

- Zwei wassergekühlte Permanentmagnet-Synchronmotoren mit 30 kW@80 Nm
- Speisung über zwei Frequenzumrichter bei 450 V GS aus einer Li-Ionen-Batterie
- Einzelantrieb beider Hinterräder
- Erfolgreiche Teilnahme an Rennen



## Arbeiten am Elektrotechnischen Institut (ab 2015):

- Programmierung der Antriebsregelung
- Simulationsuntersuchungen
- Programmierung des Umrichters
- Test der Drehmomentregelung mit Belastungsmaschine
- Kühlungsinbetriebnahme inkl. aller Komponenten der Wasserkühlung

# Das Elektrotechnische Institut ist ein Competence Center der ECPE

The Industrial and Research Network  
for Power Electronics in Europe



ALSTOM



DAIMLER



**SEW**  
EURODRIVE



**SEMIKRON**  
innovation + service

**SIEMENS**

research  
education

public  
relations



**LIEBHERR**

# Berufschancen für Absolventen

## Einsatzgebiete:

- in der Industrie  
(Forschung, Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb, Management,  
Beratung)
- in Behörden und Organisationen
- im Handwerk und Gewerbe
- in Universitäten, Hochschulen und Forschungsinstituten

## Verdienstmöglichkeiten:

gut bis sehr gut

## Stellensituation:

Ingenieurmangel !

## **Als Student des Profils Makromechatronik sind Sie an allen aktuellen Techniktrends beteiligt:**

- Regenerative Energiesysteme
- Elektromobilität (Hauptantrieb, Steer/Shift/Brake by wire)
- Intelligente Energieversorgungsnetze (z. B. Sektorkopplung)

Liebe Studentinnen und Studenten,

Wegen der Coronakrise können diese Präsentation nicht persönlich vorgestellt und Fragen direkt beantwortet werden.

Bei Fragen wenden Sie sich deshalb bitte per Email an mich:  
[volkmar.mueller@tu-dresden.de](mailto:volkmar.mueller@tu-dresden.de)