



Hochschule  
Zittau/Görlitz  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Institut für Prozeßtechnik,  
Prozeßautomatisierung  
und Meßtechnik



## Schwungmassenenergiespeicher – „alter Hut“ oder innovative Lösung?

Prof. Dr. –Ing. Frank Worlitz



## *Inhalt*



1. Beschreibung Grundprinzip
2. Projekt mit der TU Liberec

## Schwungmassenspeicher (SMS)

$$E = \frac{J}{2} \omega^2$$

$$J = f(m, r^2)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

J - Massenträgheitsmoment

$\omega$  - Winkelgeschwindigkeit

r - Radius

m - Masse

n - Drehzahl

$$E = f(m, n)$$

## Charakteristische Merkmale

### Vorteile

hohe Lebensdauer > 20 Jahre

hohe Zyklenzahl >  $10^6$

hoher Wirkungsgrad 0,8 – 0,9

umweltfreundlich

### Nachteile

Selbstentladung

Sicherheitsaufwand

## Einsatzfelder

### Einsatz von SMS

stationär	mobil
<ul style="list-style-type: none"><li>- Sekunden- oder Minutenreserve</li><li>- Puffer in elektrischen Netzen (verbrauchernah, Inselnetz)</li><li>- Notstromversorgung, USV</li><li>- Kombination mit Dieseldgeneratoren im Inselbetrieb</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nahverkehrbusse mit Bremsrückgewinnung</li><li>- Nahverkehrs-Schienenfahrzeuge mit Speicher</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Hochleistungsversorgung mit Pulscharakteristik</li></ul>	

## Einsatzgebiet Straßenbahn



### Forschungsprojekt HSZG und TUL

- Analyse von Möglichkeiten der Installation kinetischer Energiespeicher in das bestehende Straßenbahnnetz
- Liberec  
Linie 3: Lidové sady – Horní Hanychov
- Auslegung eines Speichers

## Streckenprofil



## *Strecke Lidove Sady – Horni Hanychov*

<b>Länge der Strecke</b>	<b>8223 m</b>
Steigung (Summe)	201 m
Gefälle (Summe)	90 m
Maximale Steigung	10 %
Maximales Gefälle	-7,8 %
Anteil ebene Strecke	0 %

Tabelle 1: Parameter der Strecke



## Messung in der Straßenbahn, im Umspannwerk und Erfassung der Tracking-Daten

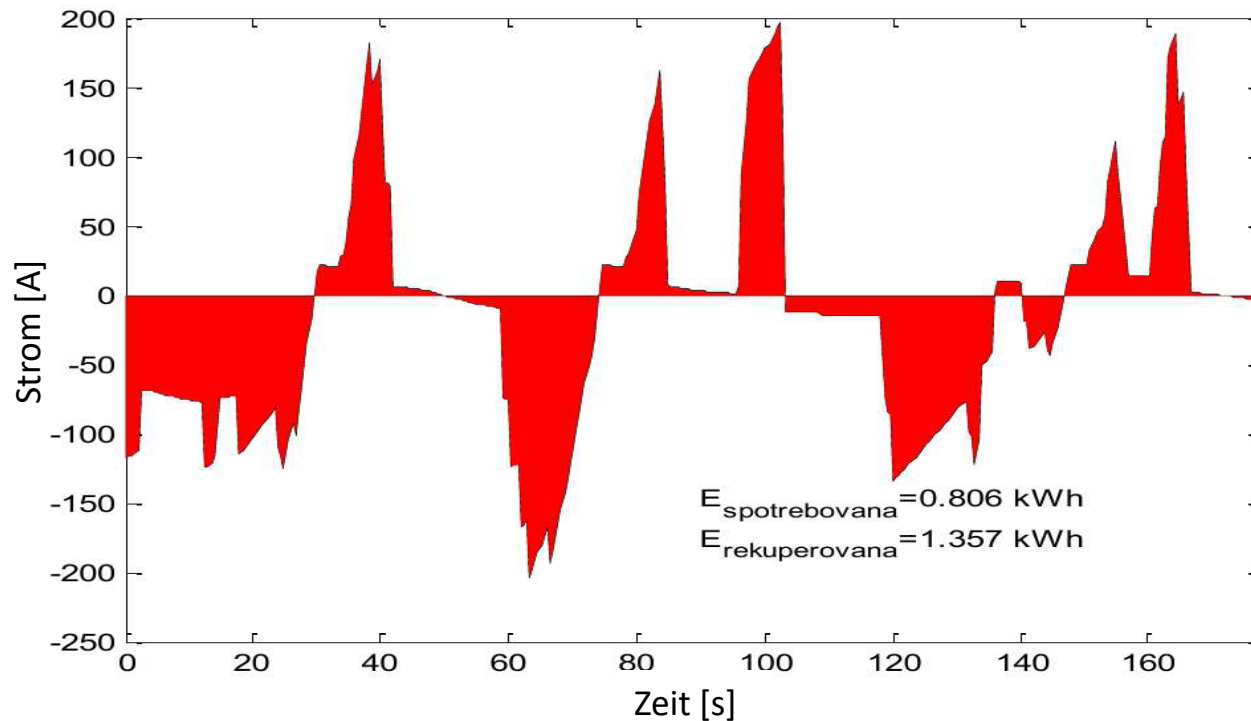


Bild 1: Verbrauch und Rückgewinnung bei Talfahrt

## Messung in der Straßenbahn, im Umspannwerk und Erfassung der Tracking-Daten

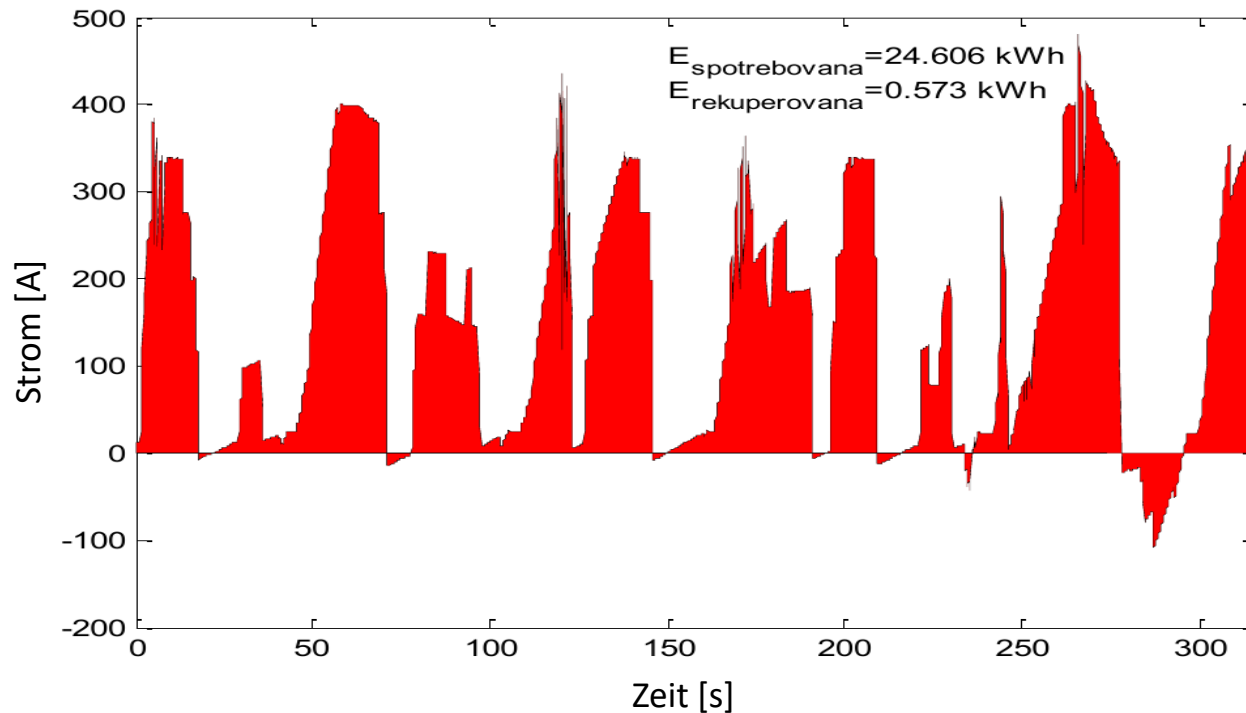


Bild 2: Verbrauch und Rückgewinnung bei Bergfahrt

## Messung in der Straßenbahn, im Umspannwerk und Erfassung der Tracking-Daten

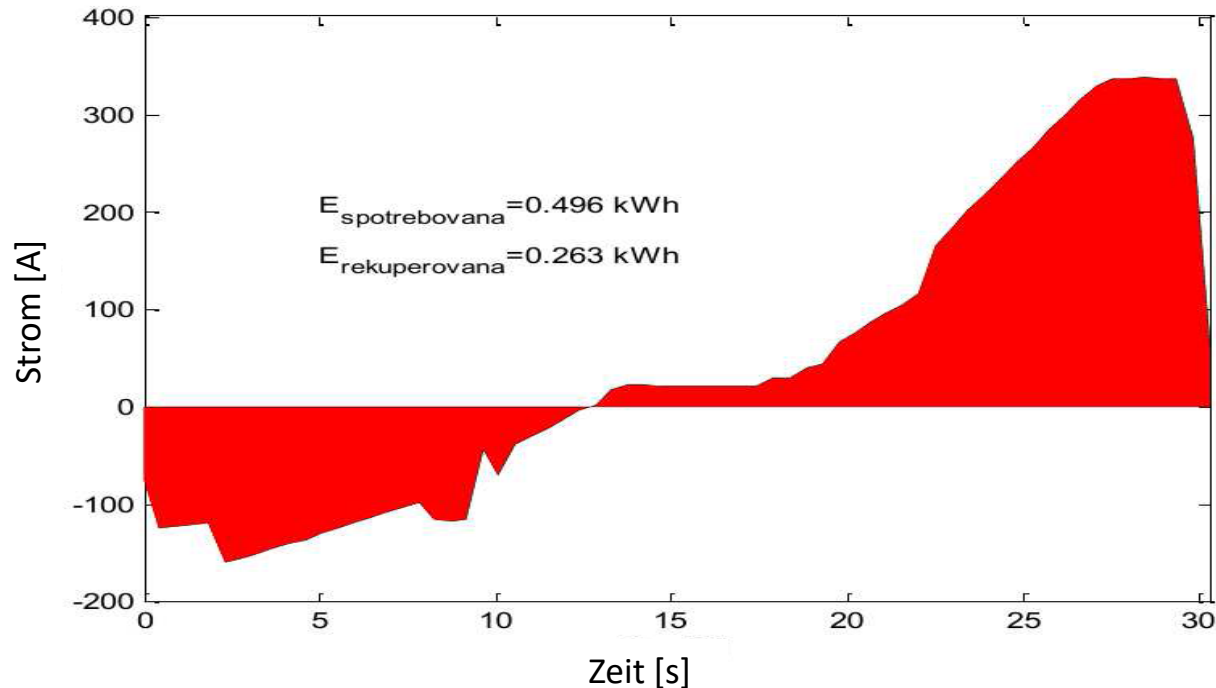
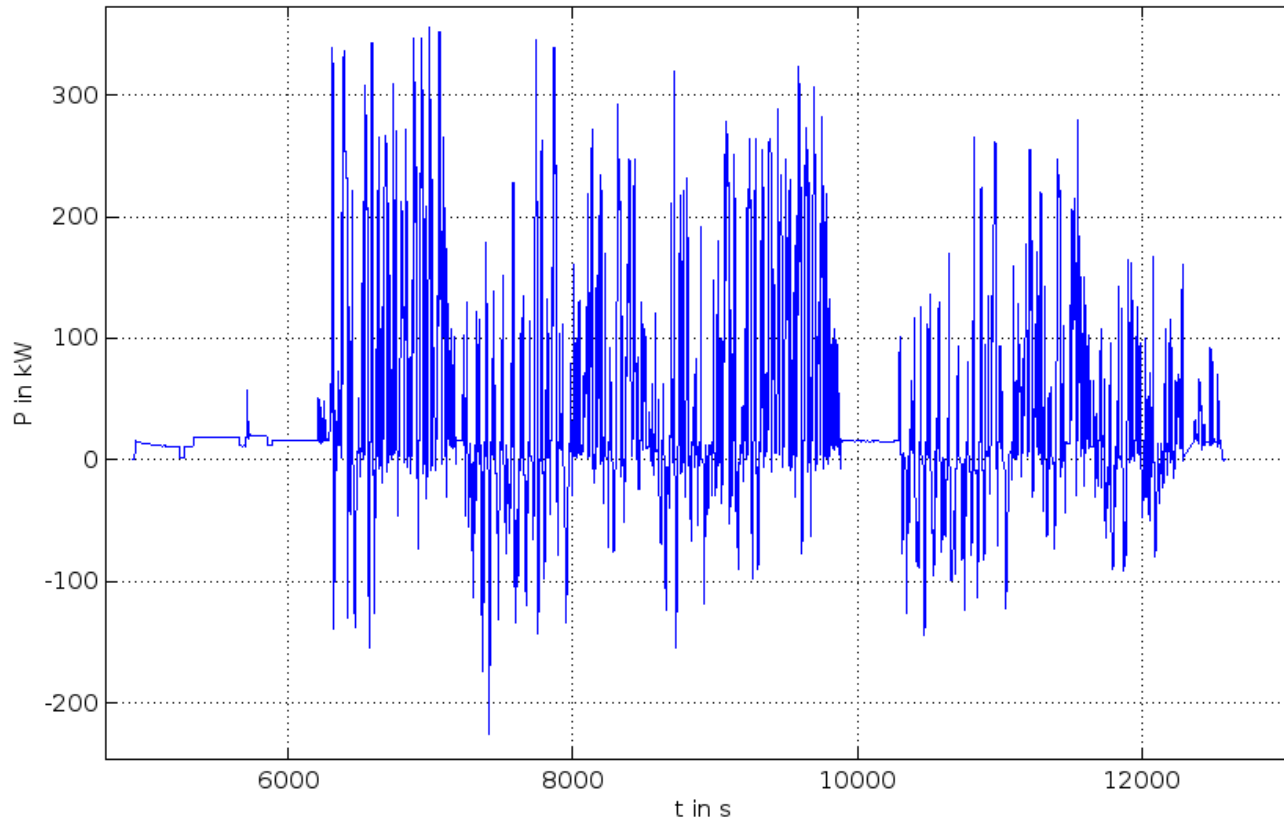


Bild 3: Verbrauch und Rückgewinnung Haltestelle (Bremsen und Anfahren)

power graph of the tram



Höchste Spitze:  
etwa 350 kW

## Simulation

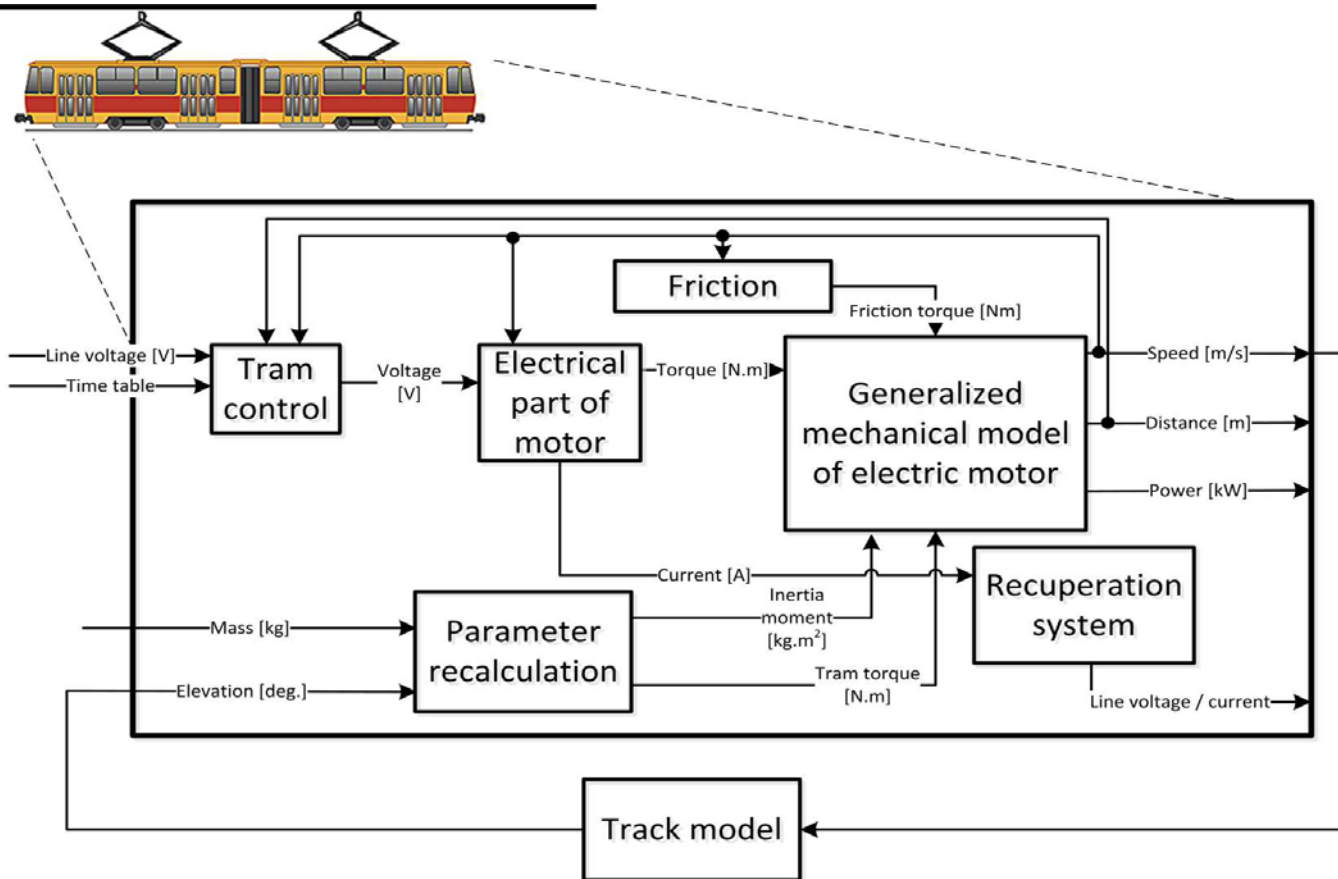


Bild 5: Gesamtmodell der Strecke mit SMS

## Auslegung Speicher

### Ergebnis der Messung

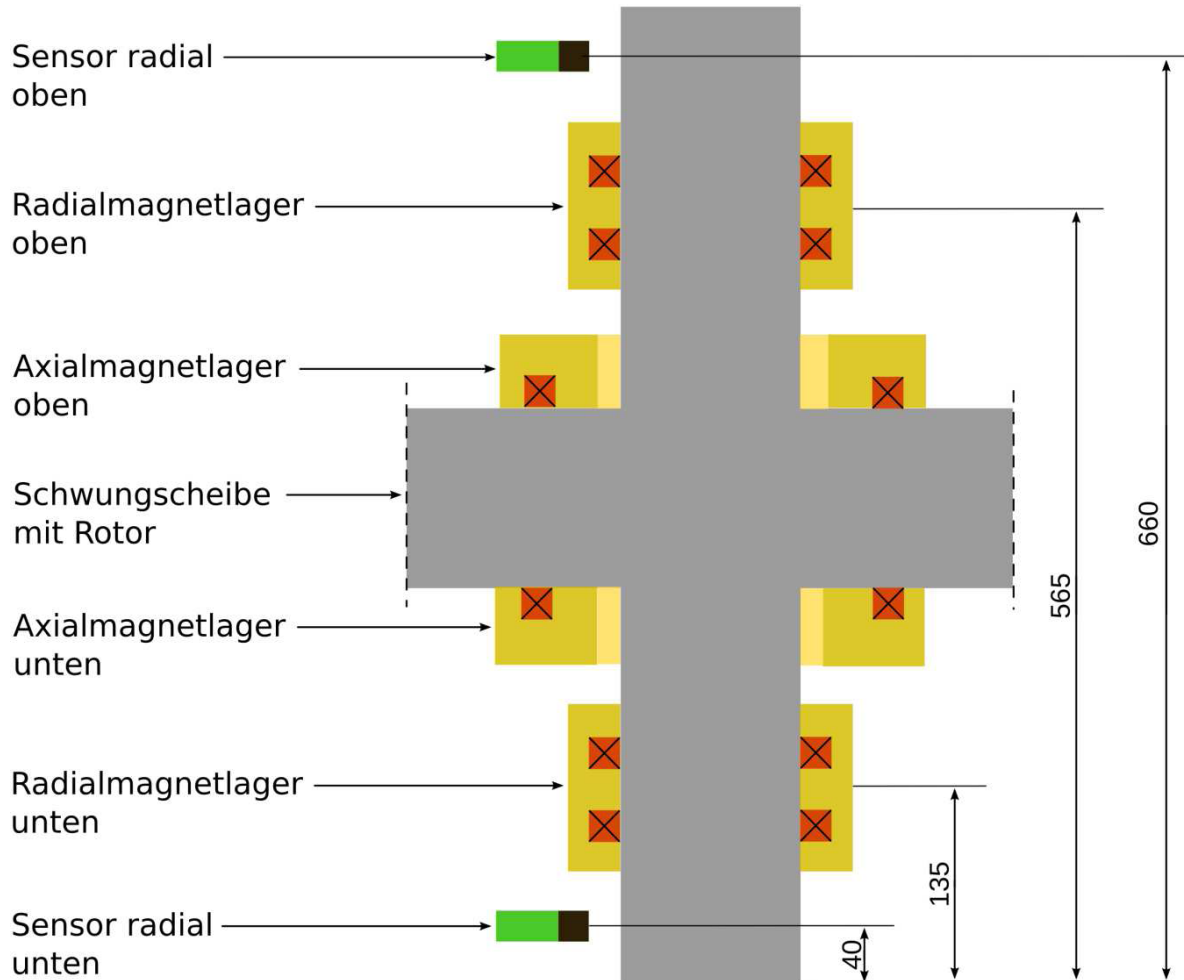
- rückspeisefähige Energie pro Bahn 0,7 kWh
- max. drei Doppelwagen auf der Strecke → 6x0,7 kWh
- max. Leistung pro Bahn 350 kW



### Energie und Leistung für die Auslegung des SMS

- $E=4,2$  kWh
- $P=1$  MW

## Speicher Entwurf



Material	42CrMo4
Rotormasse	1245 kg
Trägheitsmoment	324,5 kgm <sup>2</sup>
Drehzahlbereich	1800 – 3600 min <sup>-1</sup>
Energieinhalt	5 kWh
Luftspalt Magnetlager	500 μm



## *Ausblick - Ansatz für Weiterentwicklungen*

- Material
- Reduzierung der Selbstentladung





## Physikalische Grenzen

$$E_{kin} = f(m, n)$$

Material	Zugfestigkeit [MPa]	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	spez. Festigkeit [kNm/kg]	max. Umfangs- geschwindig- keit [m/s]	mögliche Energiedichte [W/kg]
Stahl	1300	7800	167	410	29,4
Titan	1150	5100	225	570	39,7
CFK	1300	1900	680	820	93

CFK – carbonfaserverstärkter Kunststoff

FKV – Faser-Kunststoff-Verbund

Tabelle 2: Materialkenngrößen

## Ausblick - Ansatz für Weiterentwicklungen

### Ziel

- Erhöhung der Speicherenergie - Drehzahl
- Verringerung der Verluste - Reibung

### Weg

- optimale Konstruktion
- Faserverbundwerkstoffe
- berührungsfreie Lagerung
- reibungsarme Atmosphäre

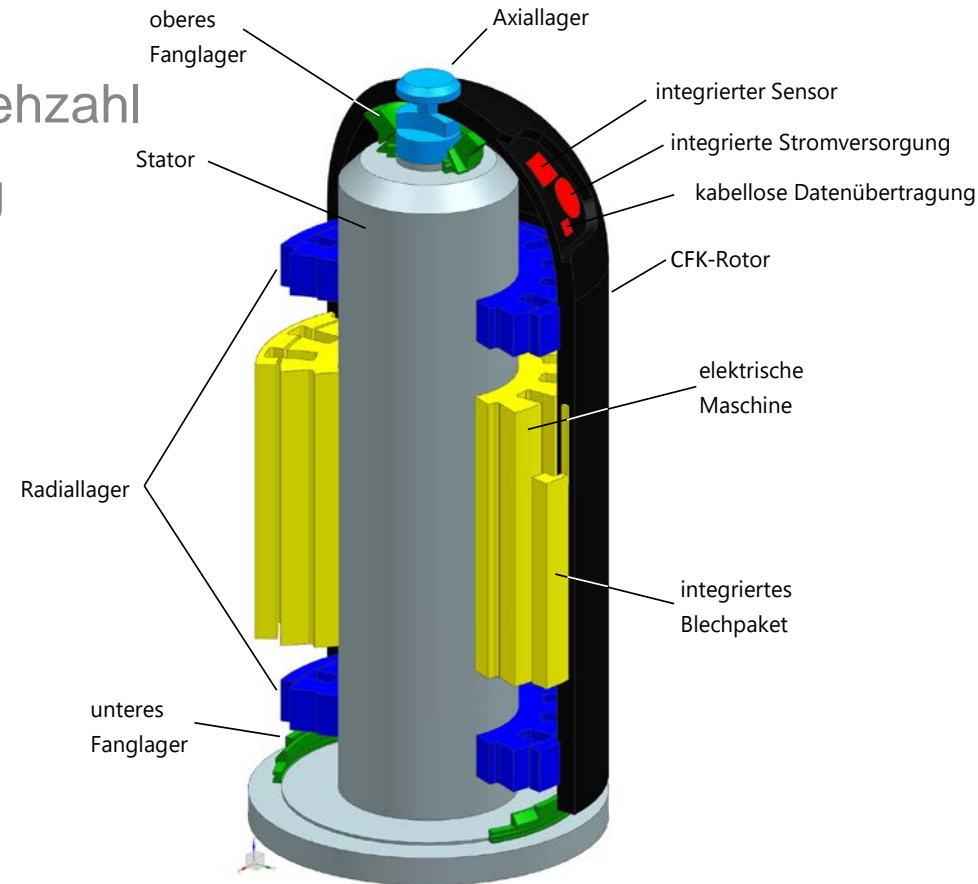


Bild 7: SMS mit Außenläufer aus FKV /CFK

## Vielen Dank für Ihr Interesse!

Kontakt:

*Ansprechpartner/-in:*

Prof. Dr.-Ing. Frank Worlitz  
Leiter Fachgebiet Mechatronische Systeme

Telefon: +49 3583 - 612 3440  
Telefax: +49 3583 - 612 4383  
E-Mail: [ipm@hszg.de](mailto:ipm@hszg.de)  
Web: [www.hszg.de/ipm](http://www.hszg.de/ipm)

*Hausanschrift:*

Hochschule Zittau/Görlitz  
IPM  
Theodor-Körner-Allee 16  
02763 Zittau

