

# Leistungsverteilung in Elektrofahrzeugen mit Range Extender

ASIM 2017

Sören Scherler, Xiaobo Liu-Henke



**Sören Scherler, M.Eng.**

Salzdahlumer Str. 46/48  
38302 Wolfenbüttel  
Raum CU11  
so.scherler@ostfalia.de  
+49 5331 939 45450

Salzgitter

Suderburg

Wolfenbüttel

Wolfsburg



## Agenda

- Einleitung
- Fahrzeugkonzept
- Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie
  - Methodik
  - Modellbildung
  - Funktionsstruktur
  - Validierung mittels MiL/SiL
  - Validierung mittels HiL
- Resümee

## Einleitung

### Forschungsprojekte ECOCar und ZuFOR

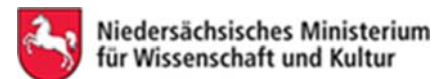
08/13 – 12/16 ECOCar (Energy Consumption Optimization for electrical Cars)  
Funktionsintegration zur energieoptimalen Fahrt mit hoher Fahrsicherheit  
für Elektrofahrzeuge



dSPACE



01/17 – 09/20 ZuFOR (Zukünftige Fahrzeugtechnologien im Open Region Lab)  
Intelligente Range-Extender Elektrofahrzeuge mit energieoptimalem,  
prädiktivem und autonomem Fahrbetrieb und Digitalisierung unter  
Anwendung von Fahrzeug 4.0



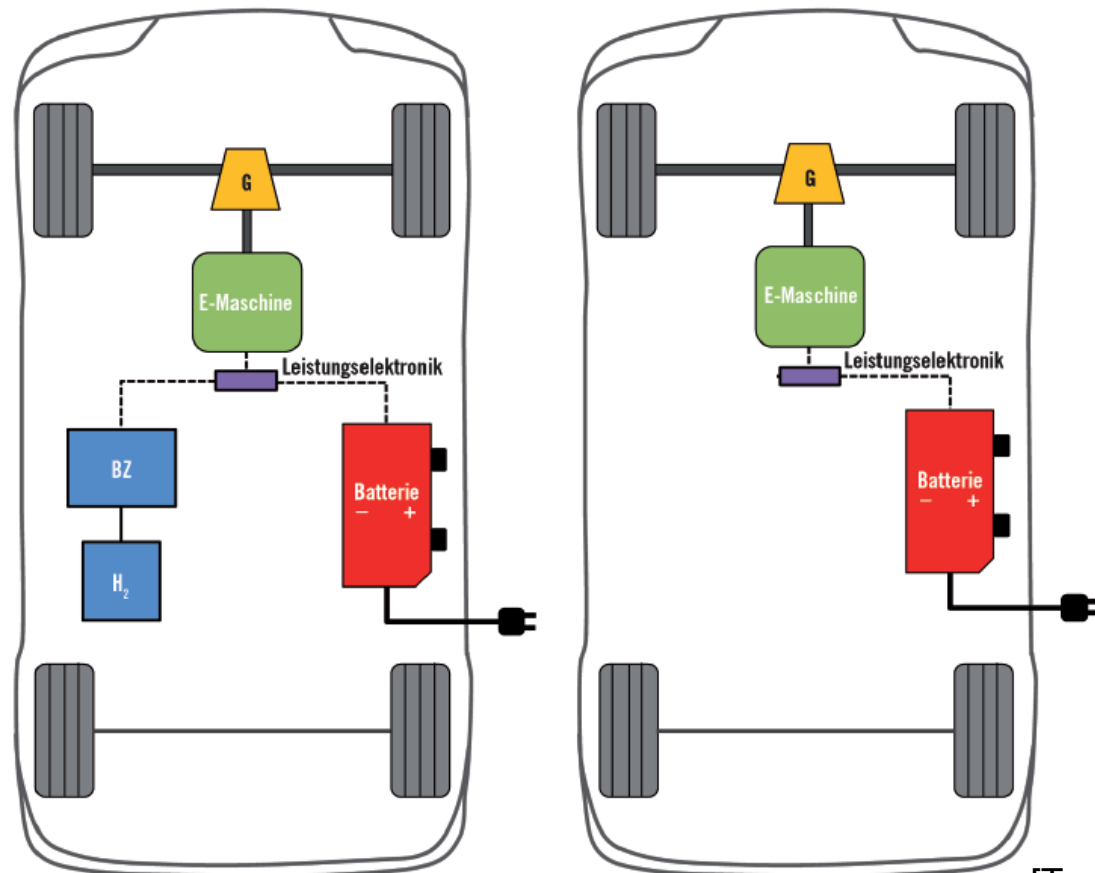


## Fahrzeugkonzept

### Definition RE

Was ist ein REV?

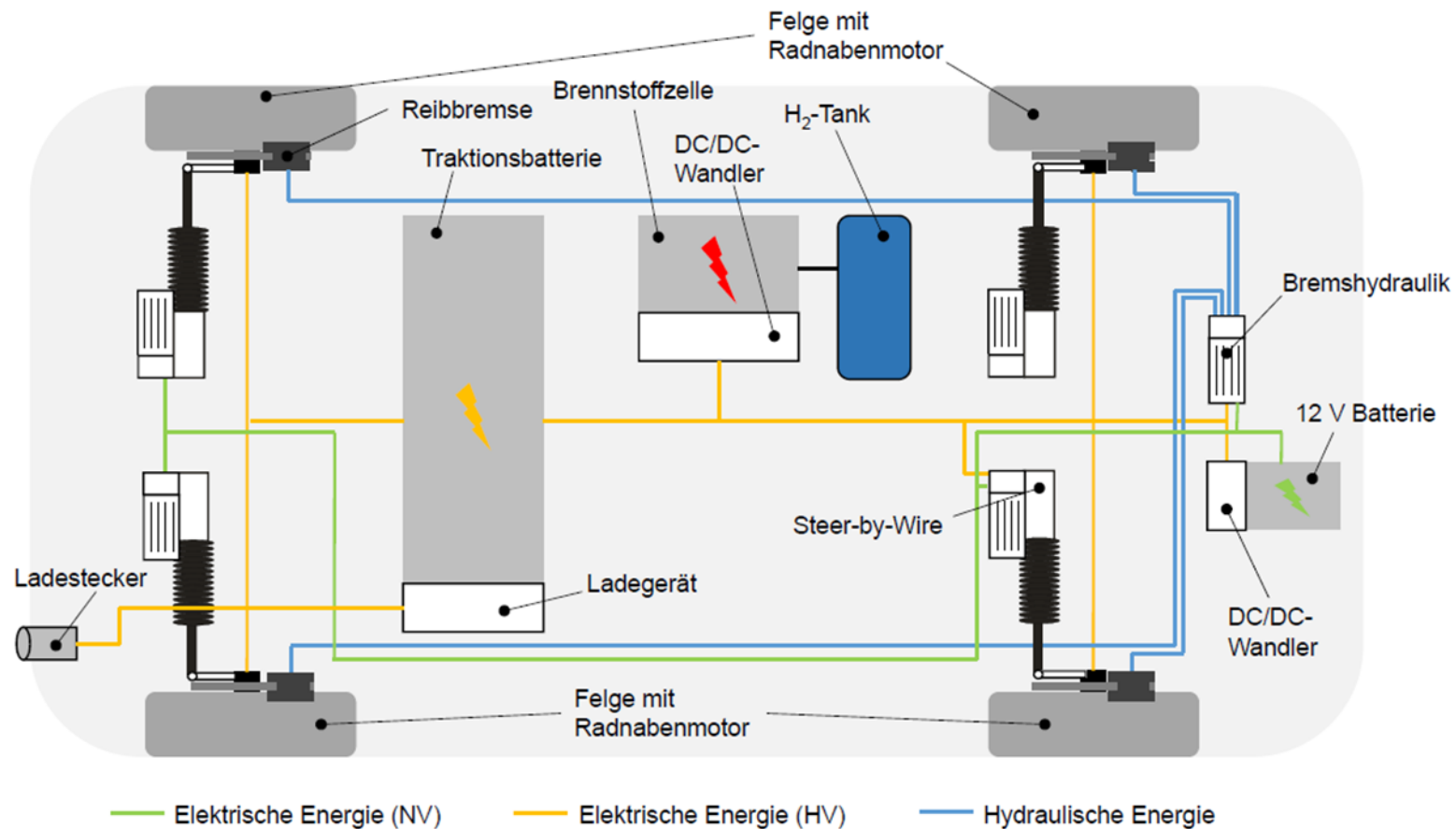
→ Elektrofahrzeug mit  
Zusatzaggregat zur  
Reichweitensteigerung!



[Tsc12b]

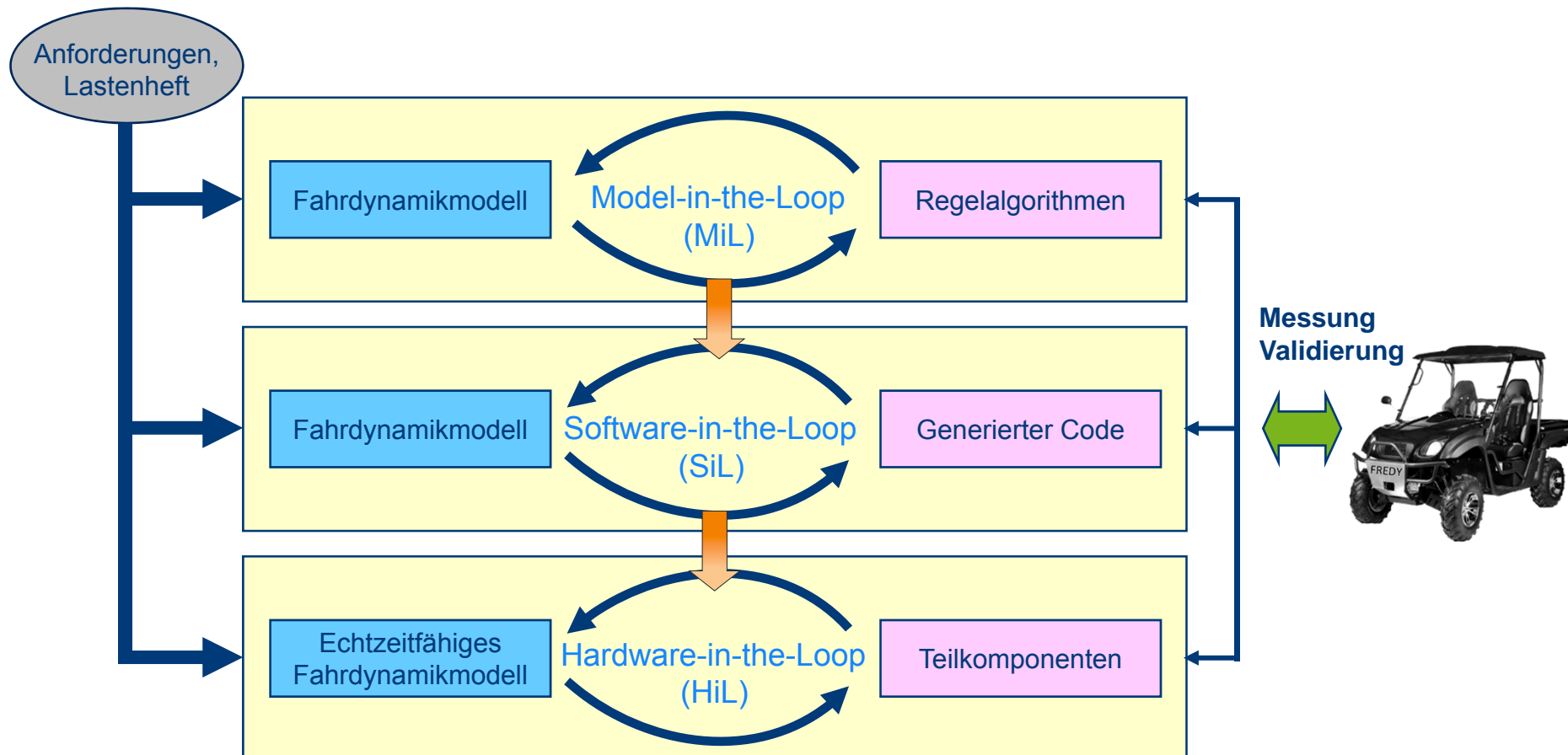


## Fahrzeugkonzept Betrachtetes Fahrzeug





# Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie Methodik

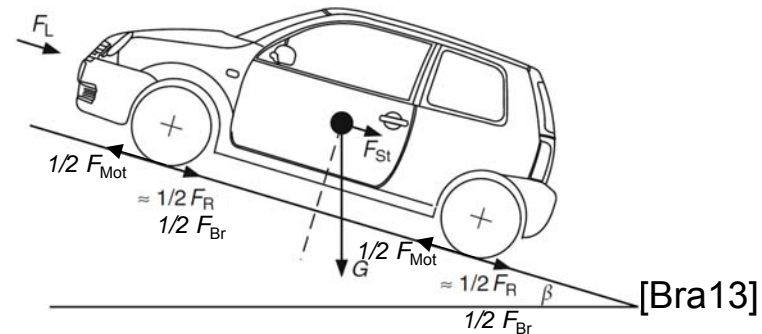


# Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie

## Modellbildung – Längsdynamik und Antrieb

### Längsdynamik

$$\sum F = m \cdot a = F_{Mot} - F_{Br} - F_{St} - F_R - F_L$$



### Antriebe

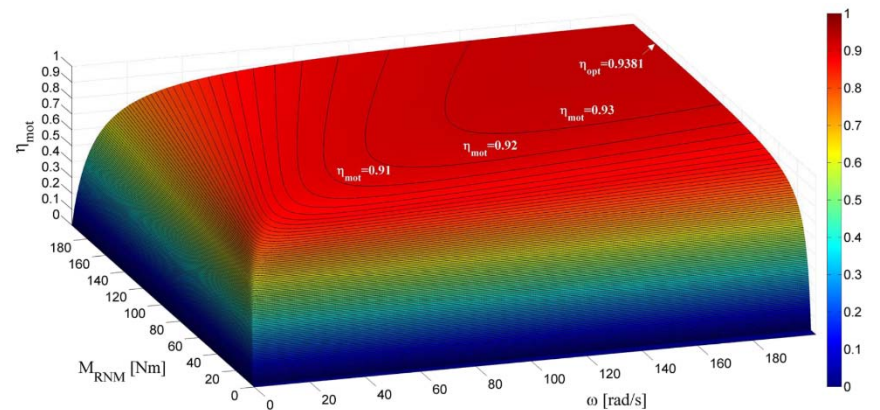
$$\omega_{Mot} = \omega_{Rad} = \frac{v}{r}$$

$$\eta = f(M, \omega)$$

$$i_{Mot} = \frac{M_{Mot}}{c_{Mot}}$$

$$i_{HV} = \frac{u_{Mot}}{u_{HV}} \cdot i_{Mot}$$

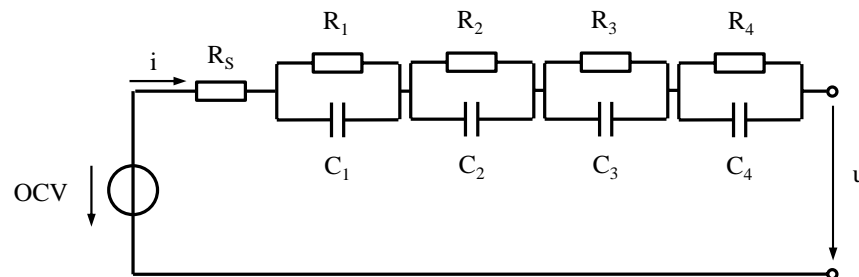
$$u_{Mot} = \frac{P_{el}}{i_{Mot}} = \frac{P_{mech}}{i_{Mot} \cdot \eta(M, \omega)} = \frac{\omega \cdot M_{Mot}}{i_{Mot} \cdot \eta(N, \omega)}$$



# Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie

## Modellbildung – Batterie

### Physikalisches Modell

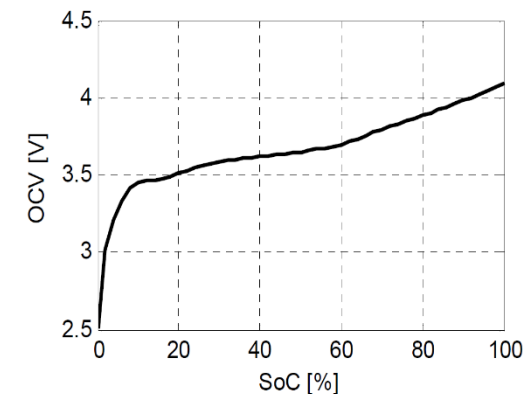
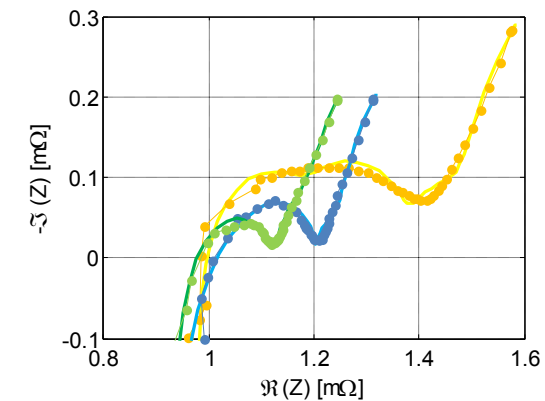


### Mathematisches Modell

$$G(j\omega) = \frac{u(j\omega)}{i(j\omega)} = R_s + \frac{R_1}{R_1 C_1 j\omega + 1} + \dots + \frac{R_4}{R_4 C_4 j\omega + 1}$$

$$SoC(t) = SoC_0 + \int \frac{\eta_c \cdot i(t)}{C} dt$$

### Identifikationsmessungen





# Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie

## Modellbildung – Brennstoffzelle

### Statisches Modell

$$u_{BZ} = A - B \cdot \ln\left(1 + \frac{i_{BZ}}{C}\right) - D \cdot e^{\frac{i_{BZ}}{E}}$$

### Dynamisches Modell

$$i_{BZ} = i_{Last} + i_{dyn}$$

$$i_{dyn} = \frac{u_{BZ}}{Z}$$

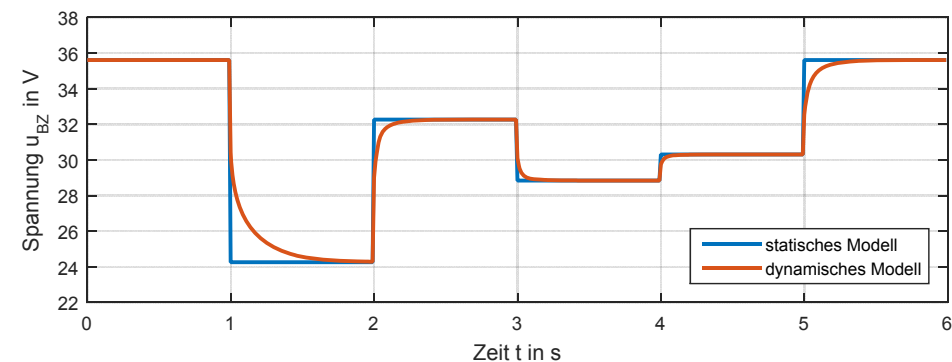
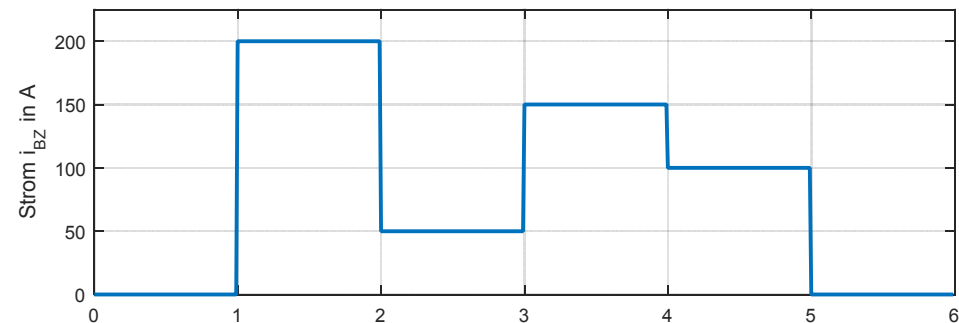
### Wirkungsgrad

$$\eta_{BZ} = \frac{E_Z}{E_H^0} = \frac{u_{BZ}}{n_{Zellen} \cdot 1,147V}$$

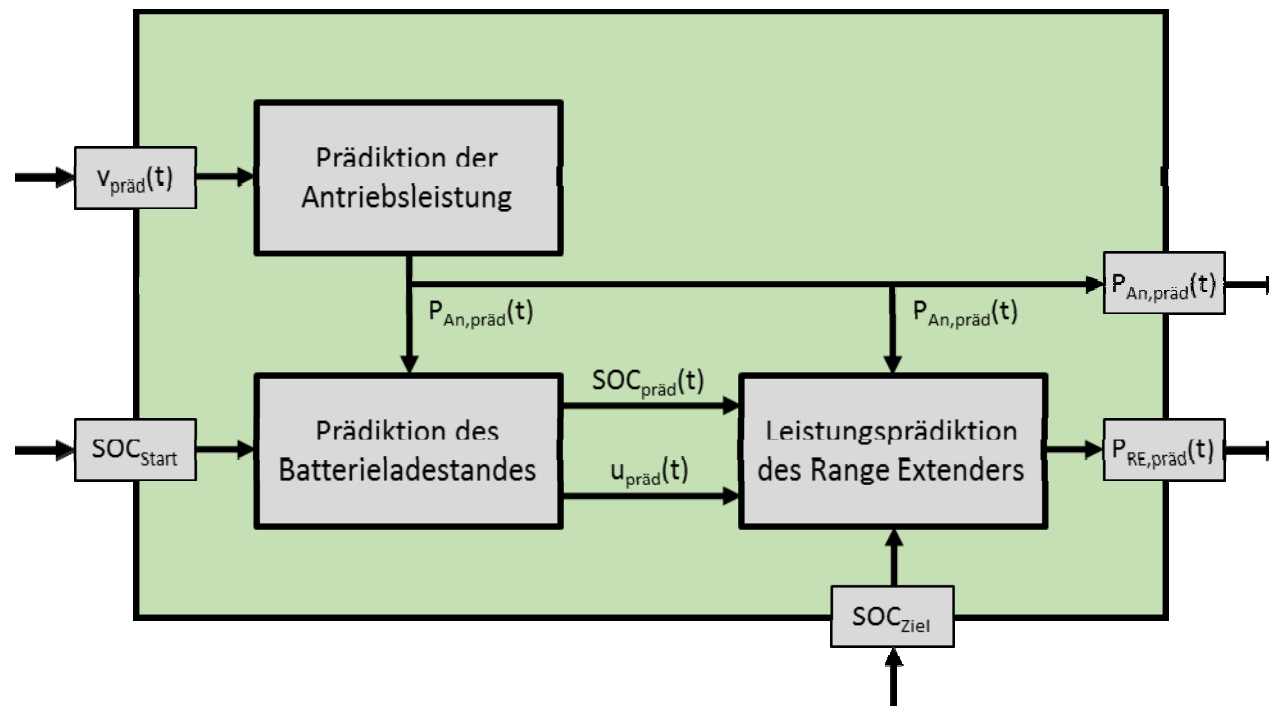
### Massenströme

$$\dot{m}_{H_2} = \frac{n_{Zellen} \cdot M}{n \cdot F} \cdot i$$

$$\dot{m}_{O_2} = \frac{1}{2} \dot{m}_{H_2}$$

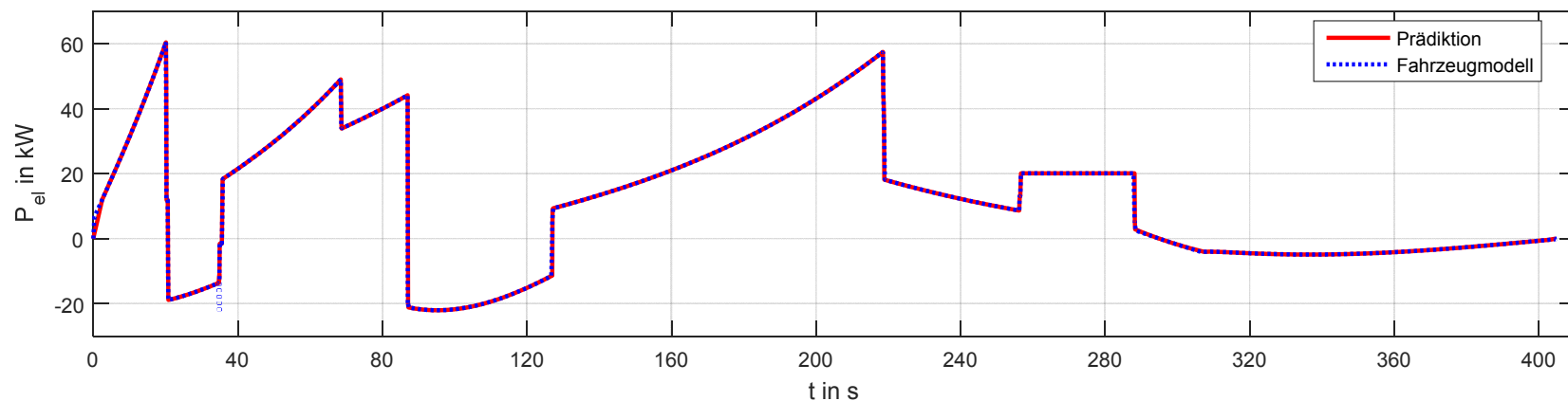
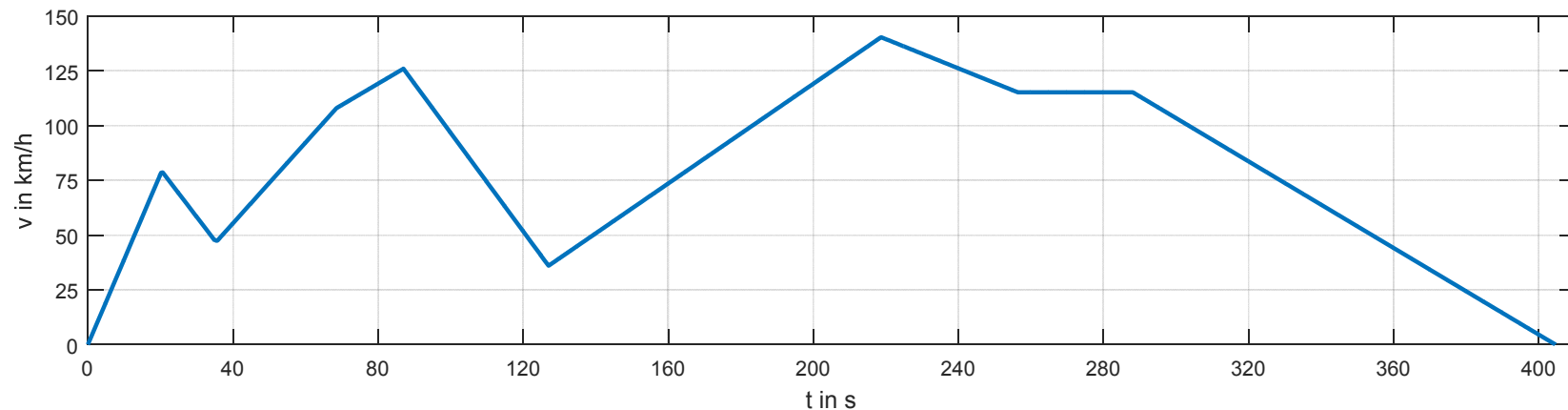


## Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie Funktionsstruktur

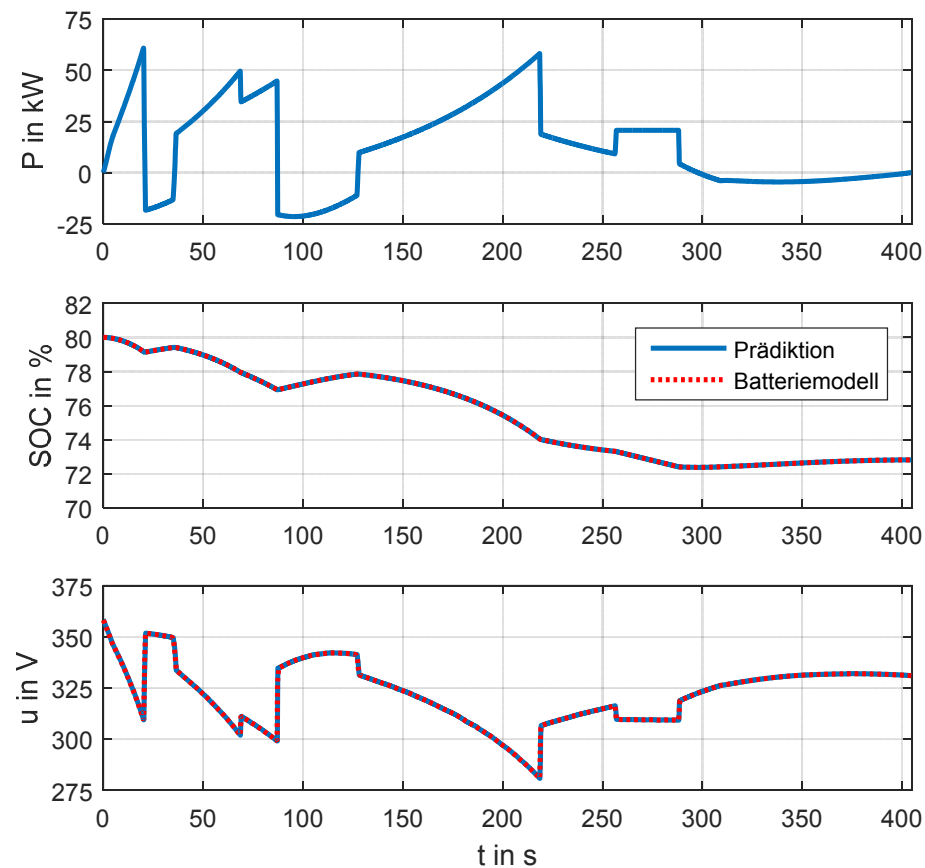




## Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie Validierung mittels MiL/SiL – Antriebsprädiktion



## Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie Validierung mittels MiL/SiL – Batterieprädiktion



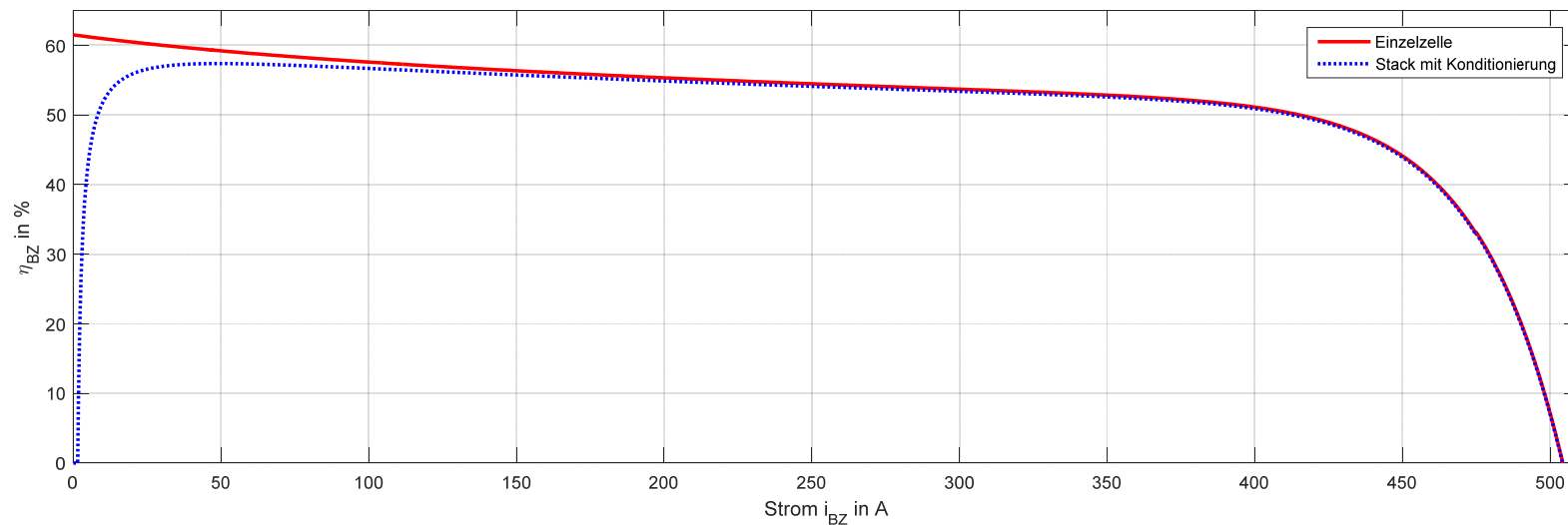


# Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie

## Validierung mittels MiL/SiL – Range Extender

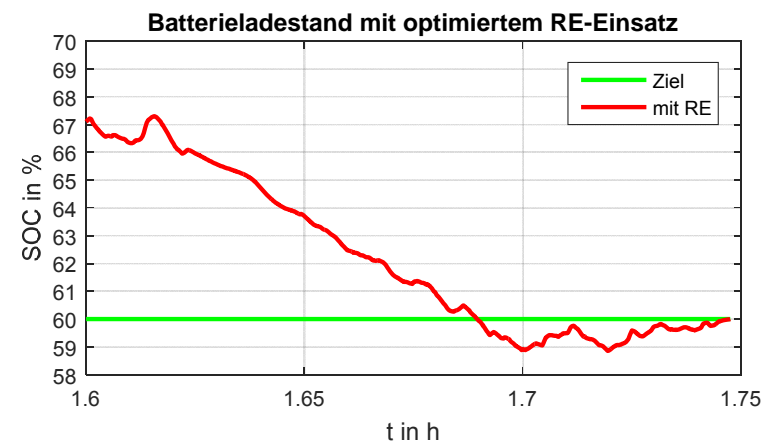
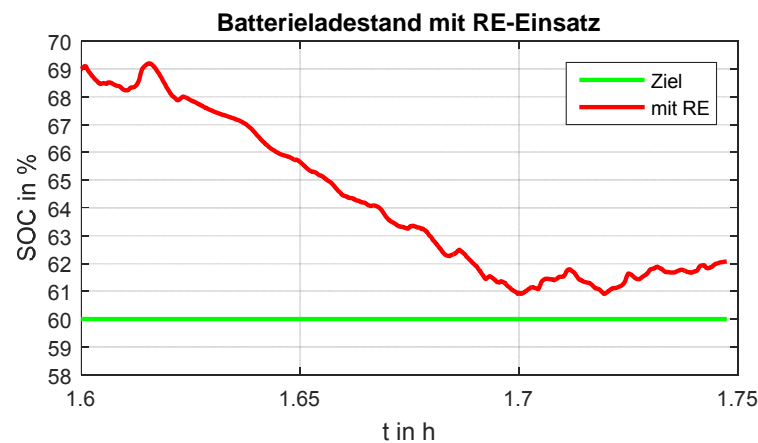
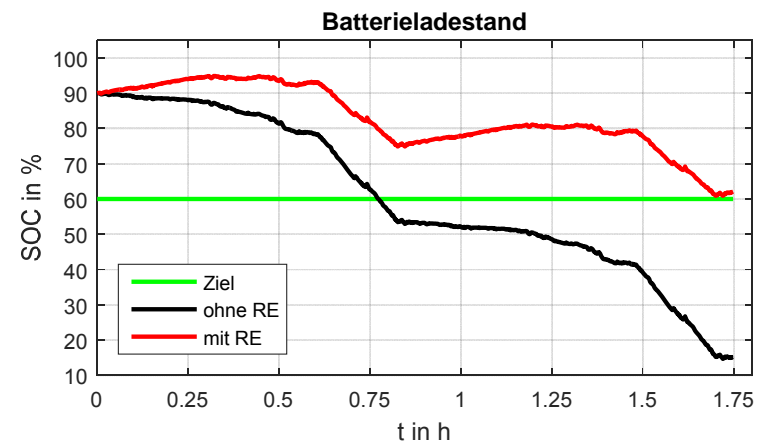
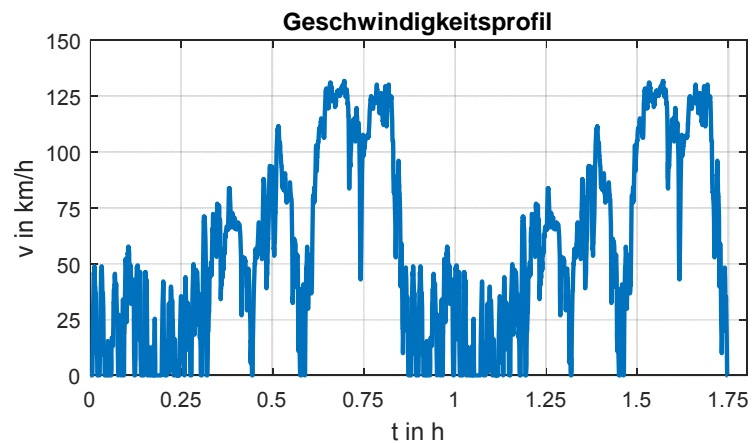
### Ansatz

Konstant niedrige Leistung der BZ über langen Zeitraum,  
um hohen Wirkungsgrad der BZ zu erreichen



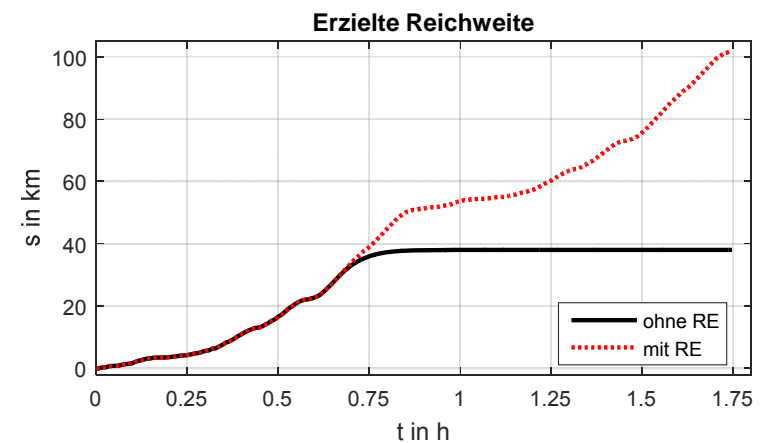
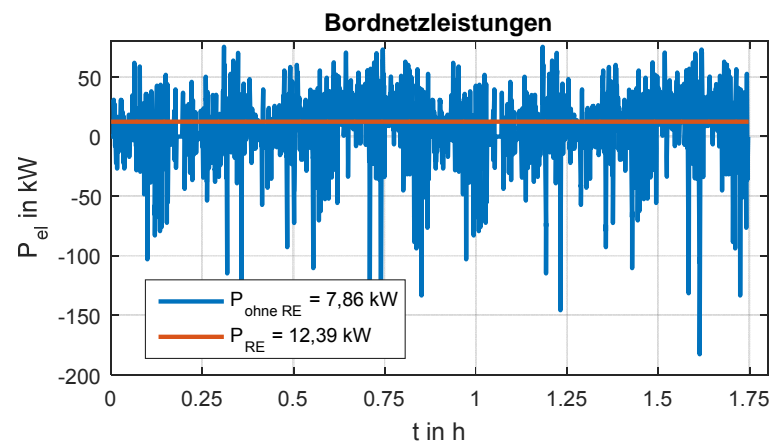
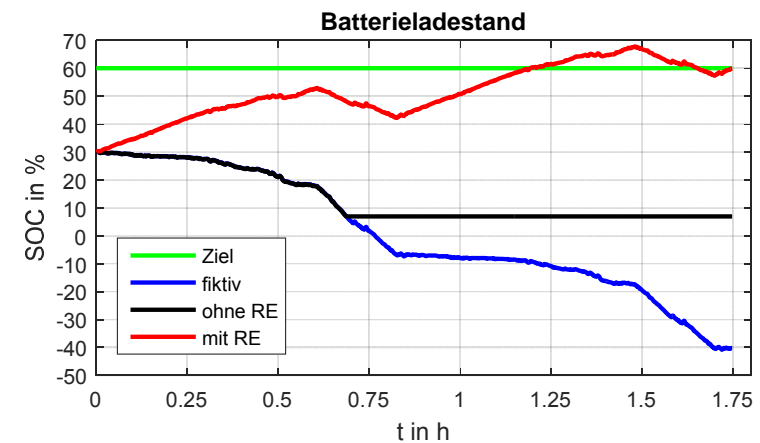
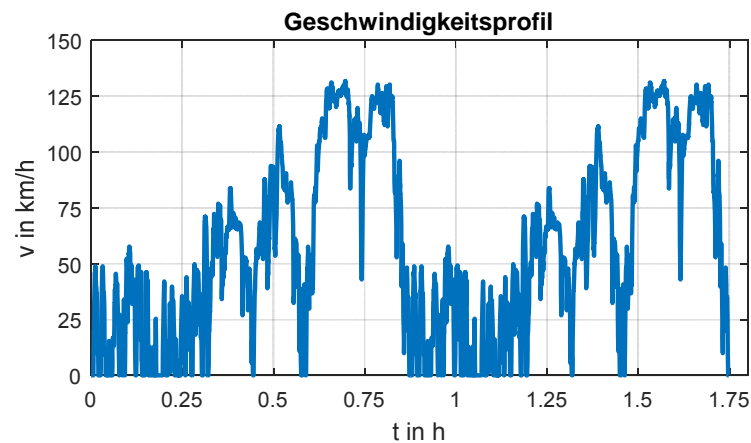
# Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie

## Validierung mittels MiL/SiL – Range Extender (1)

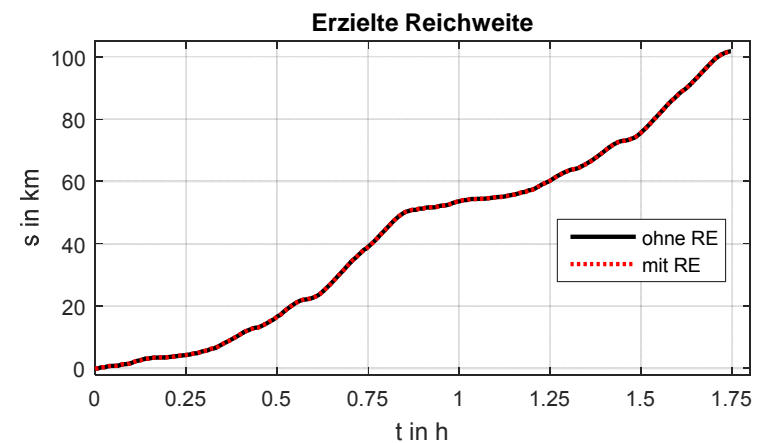
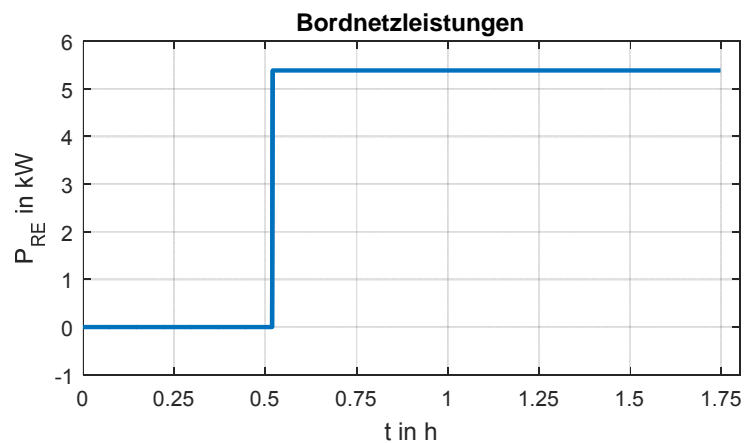
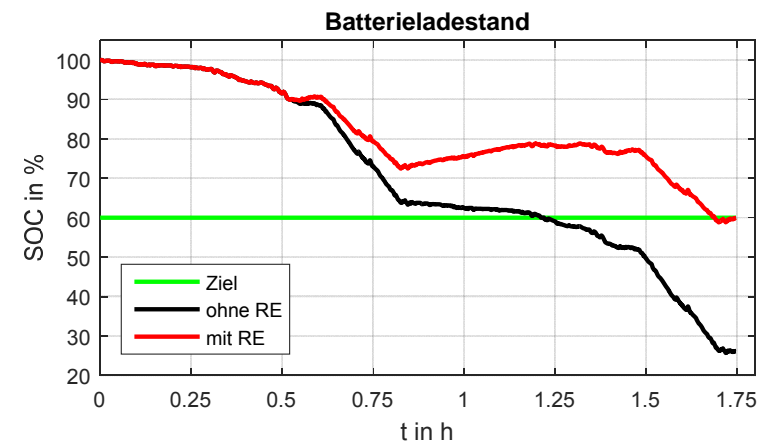
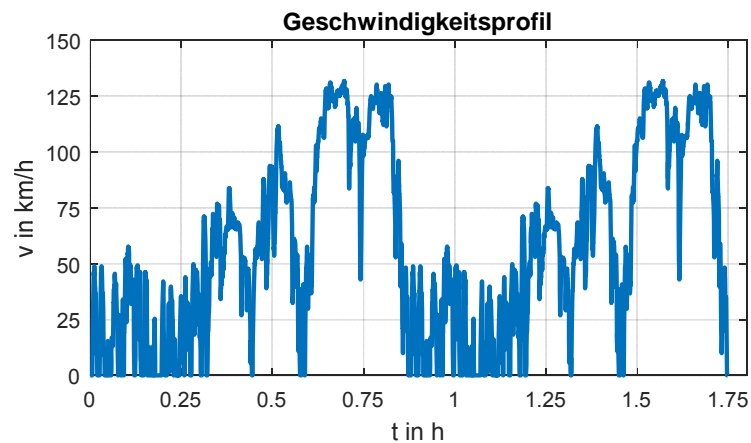


# Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie

## Validierung mittels MiL/SiL – Range Extender (2)



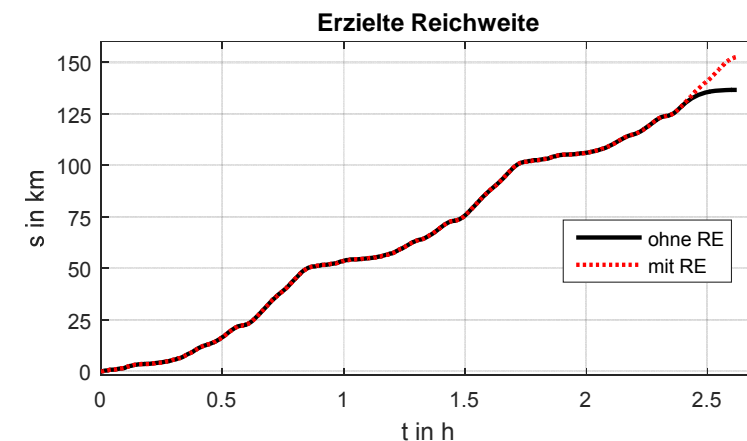
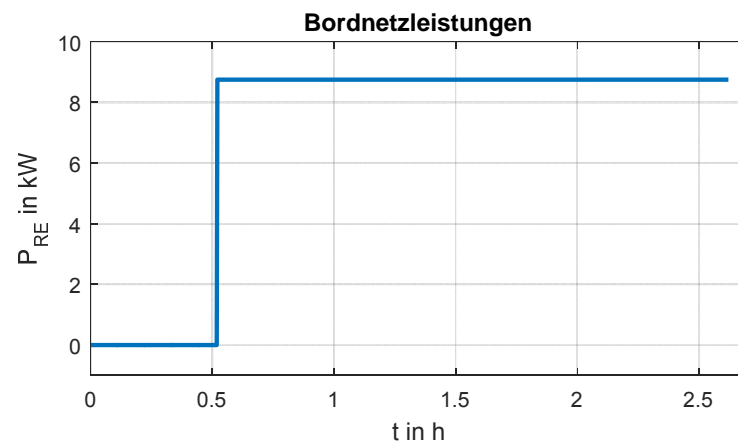
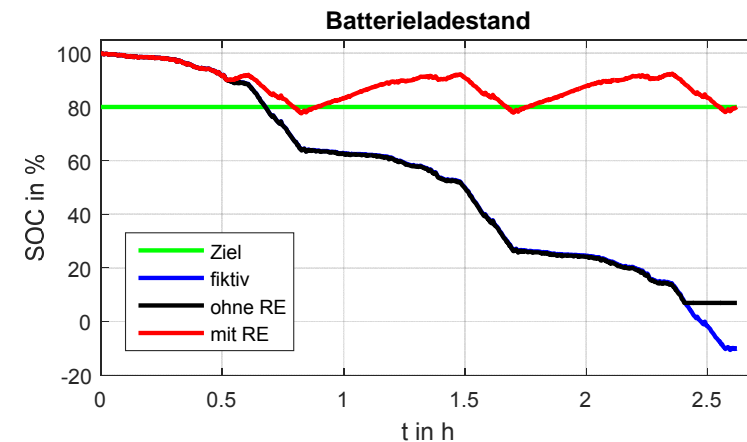
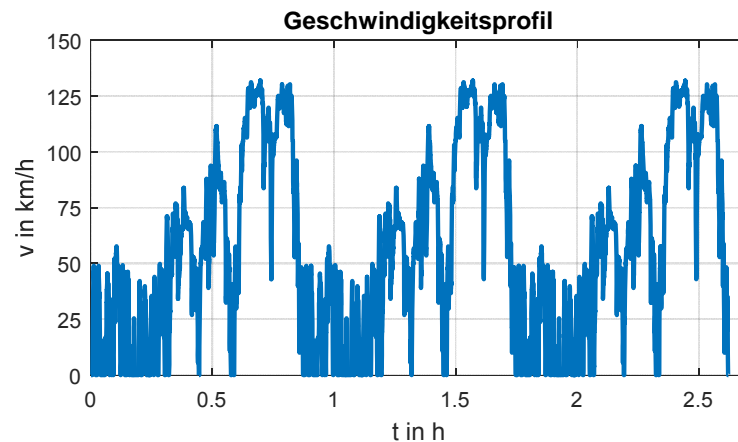
## Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie Validierung mittels MiL/SiL – Range Extender (3)



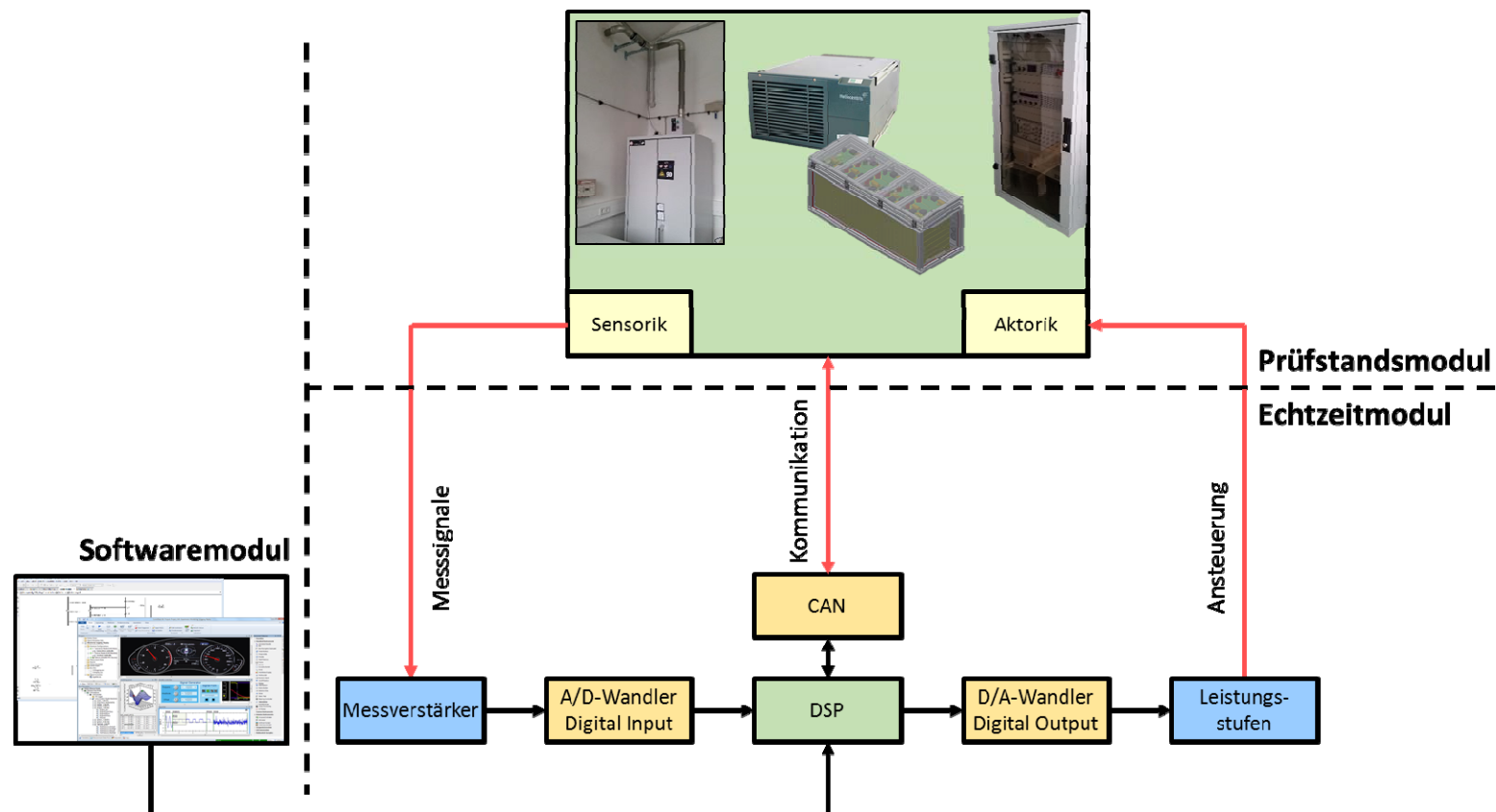


# Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie

## Validierung mittels MiL/SiL – Range Extender (4)



# Modellbasierte Auslegung der prädiktiven Betriebsstrategie Validierung mittels HiL





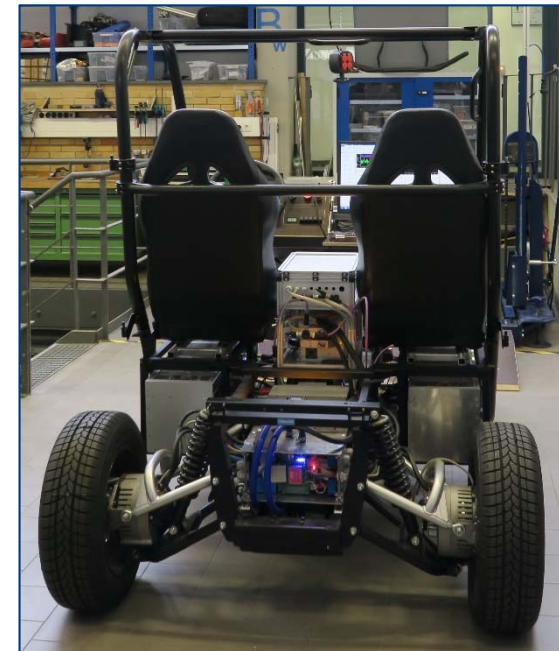
## Resümee

### Zusammenfassung

- Simulationsmodell eines REV mit Brennstoffzelle
- Prädiktive Betriebsstrategie
  - Antriebs- und Batterieprädiktion
  - Leistungsberechnung des RE
  - Endladestand kann vorgegeben werden

### Ausblick

- Zyklische Optimierung der Betriebsstrategie
- Bordnetzprädiktion
- Optimierung des Gesamtwirkungsgrades
- Optimierung am HiL-Prüfstand



# Leistungsverteilung in Elektrofahrzeugen mit Range Extender

ASIM 2017

Sören Scherler, Xiaobo Liu-Henke

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Sören Scherler, M.Eng.**

Salzdahlumer Str. 46/48  
38302 Wolfenbüttel  
Raum CU11  
so.scherler@ostfalia.de  
+49 5331 939 45450

Salzgitter

Suderburg

Wolfenbüttel

Wolfsburg