

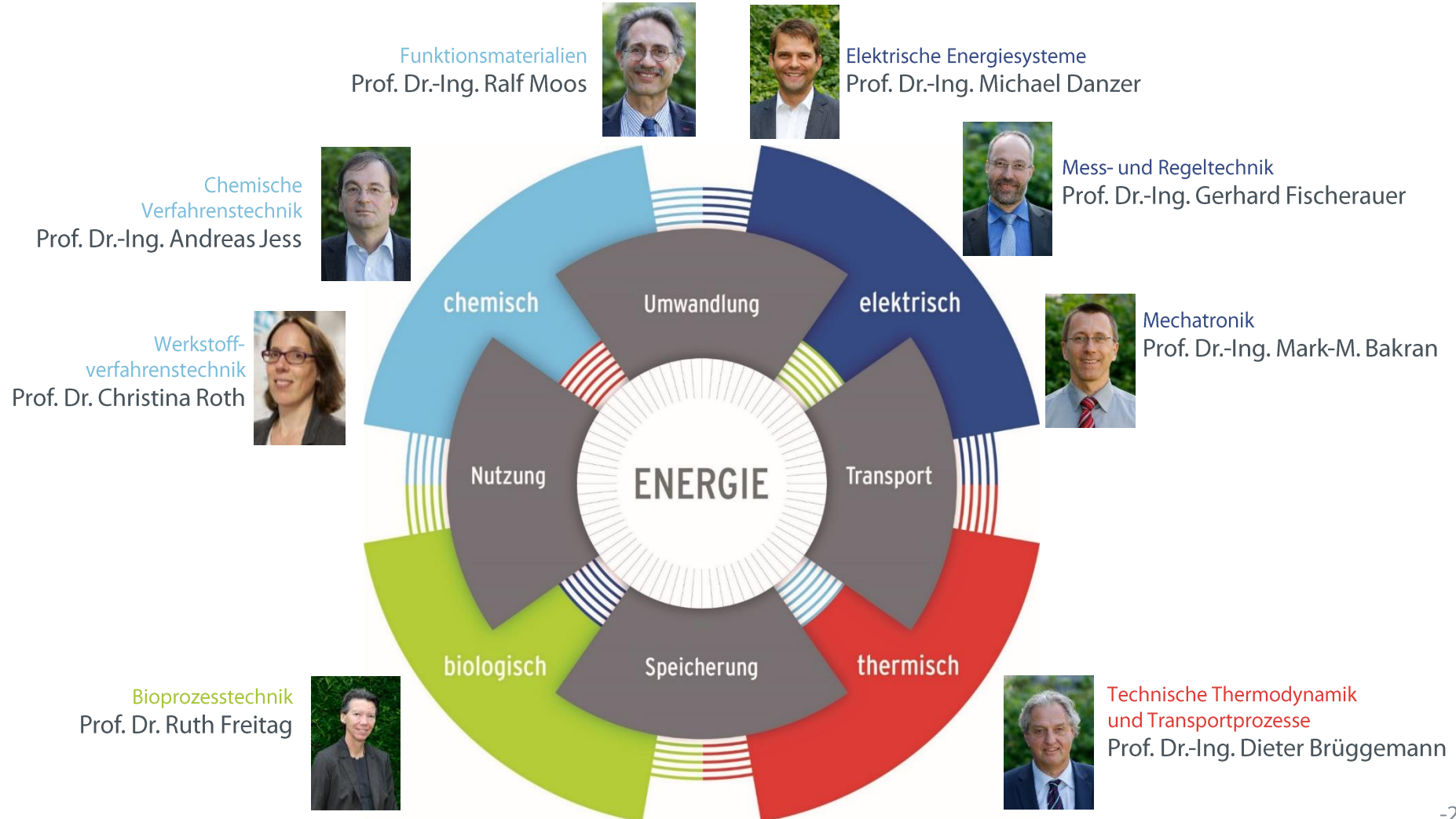
Optimierung einer kombinierten Betriebsstrategie einer PEM Elektrolyse und eines Batteriespeichersystems am Energiepark Wunsiedel

Gefördert von

OBERFRANKEN
STIFTUNG

6. Herbstworkshop Energiespeichersysteme
TU Dresden

Patrick Möhle, M.Sc.
Tim Herrmannsdörfer, M.Sc.
Mittwoch, 30. November 2022



Projektleitung



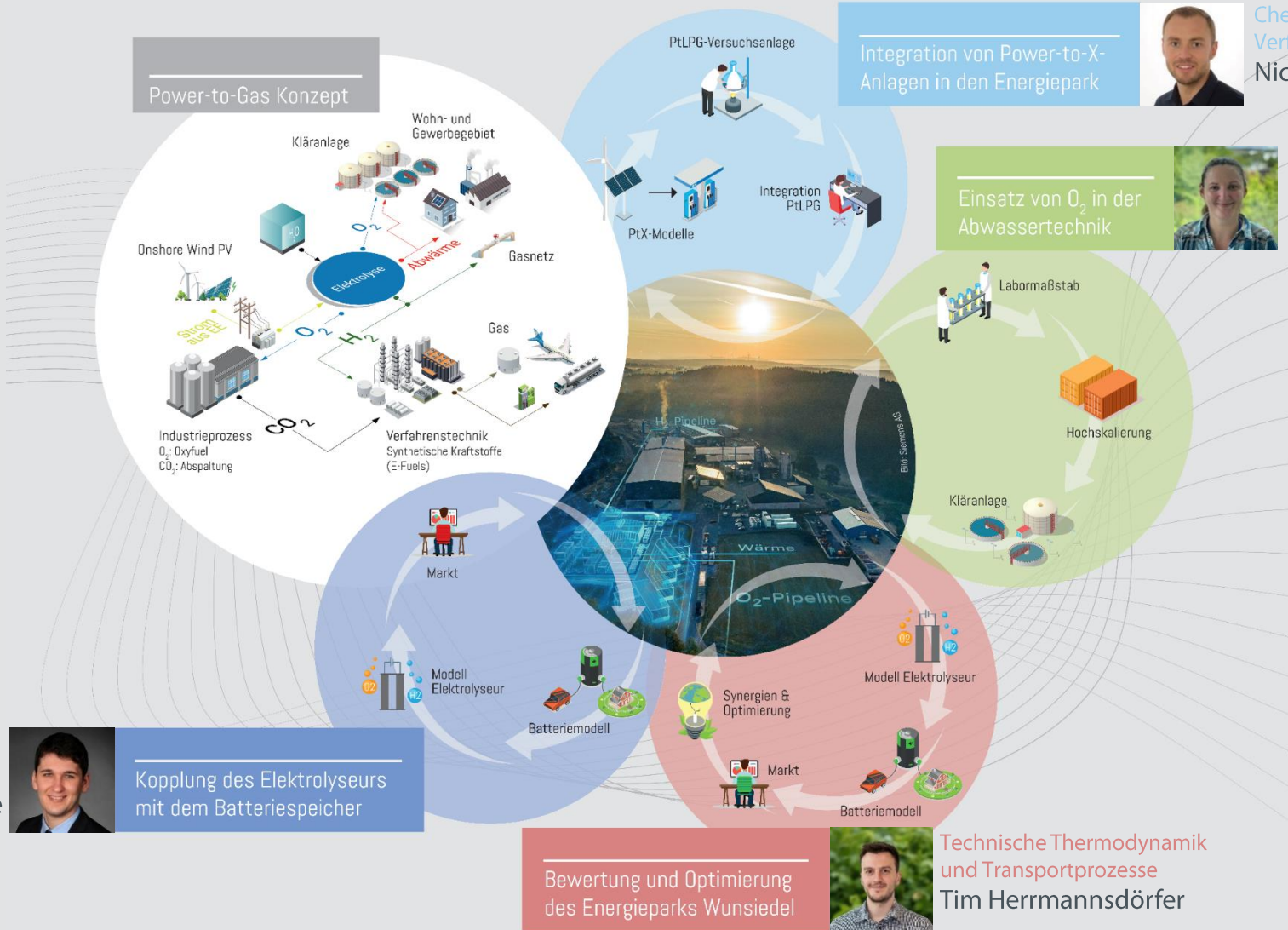
Prof. Dr.-Ing. Dieter Brüggemann
 Direktor Zentrum für Energietechnik



Matthias Welzl
 Koordinator Wasserstoffforschung und -technologien

Elektrische Energiesysteme
 Patrick Möble

Gefördert von
OBERFRANKEN STIFTUNG



Chemische Verfahrenstechnik
 Nicolas Oppmann



Bioprozesstechnik
 Helene Kaleeva



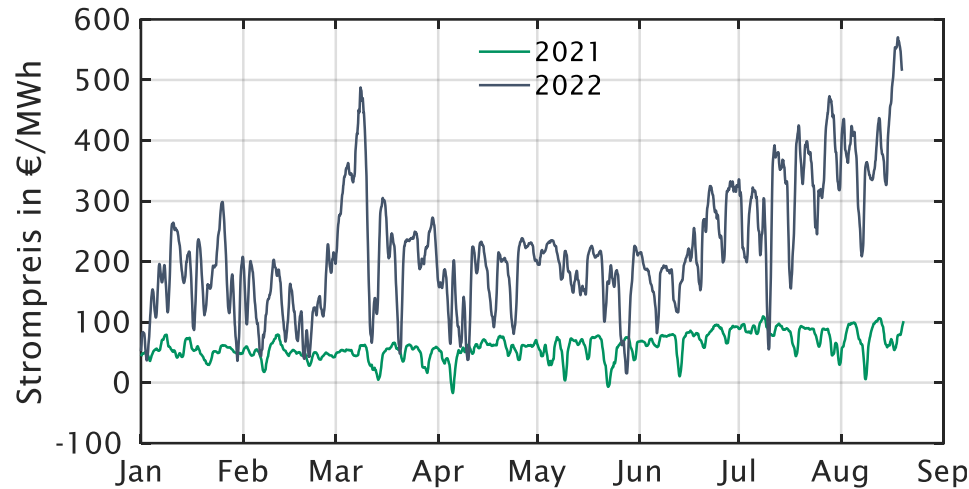
Kopplung des Elektrolyseurs mit dem Batteriespeicher



Technische Thermodynamik und Transportprozesse
 Tim Herrmannsdorfer

Zwei große Herausforderungen beim Betrieb einer PtG-Anlage

1. Signifikanter Anstieg der Strompreise

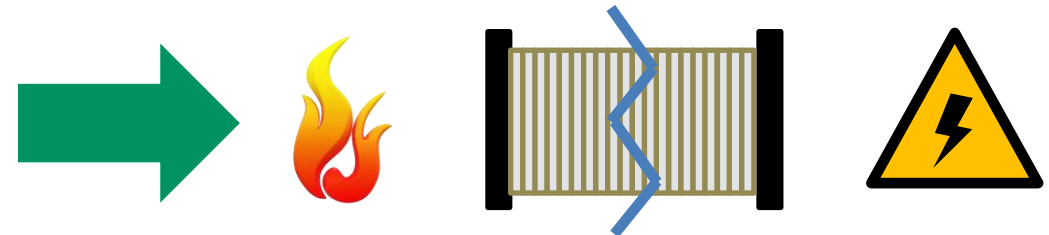


- Extremer Anstieg der Stromkosten im letzten Jahr
- Strompreis als größter Faktor für OPEX von PtG-Anlagen
- Minimale Strombeschaffungskosten (EPC) von entscheidender Bedeutung für den wirtschaftlichen Betrieb

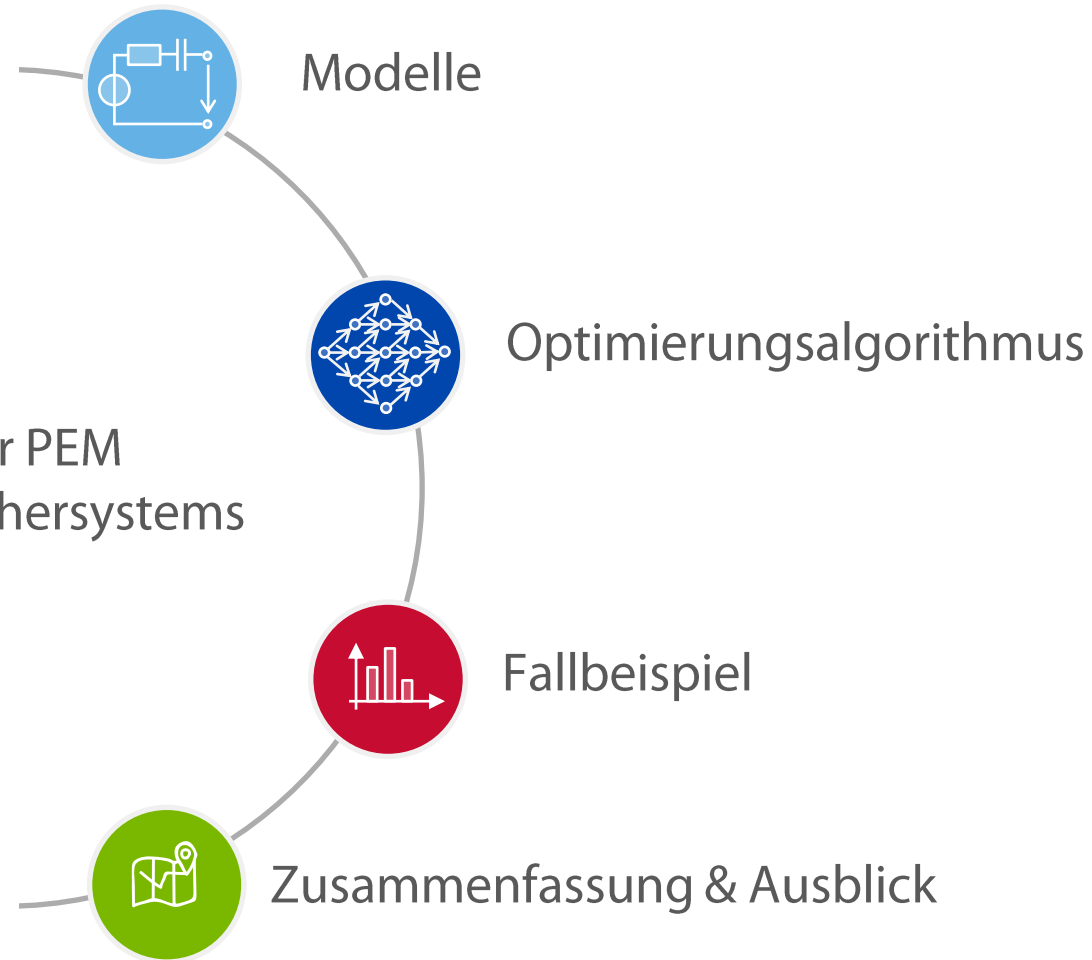
2. Beschleunigte Stack-Alterung im Anlagenbetrieb:

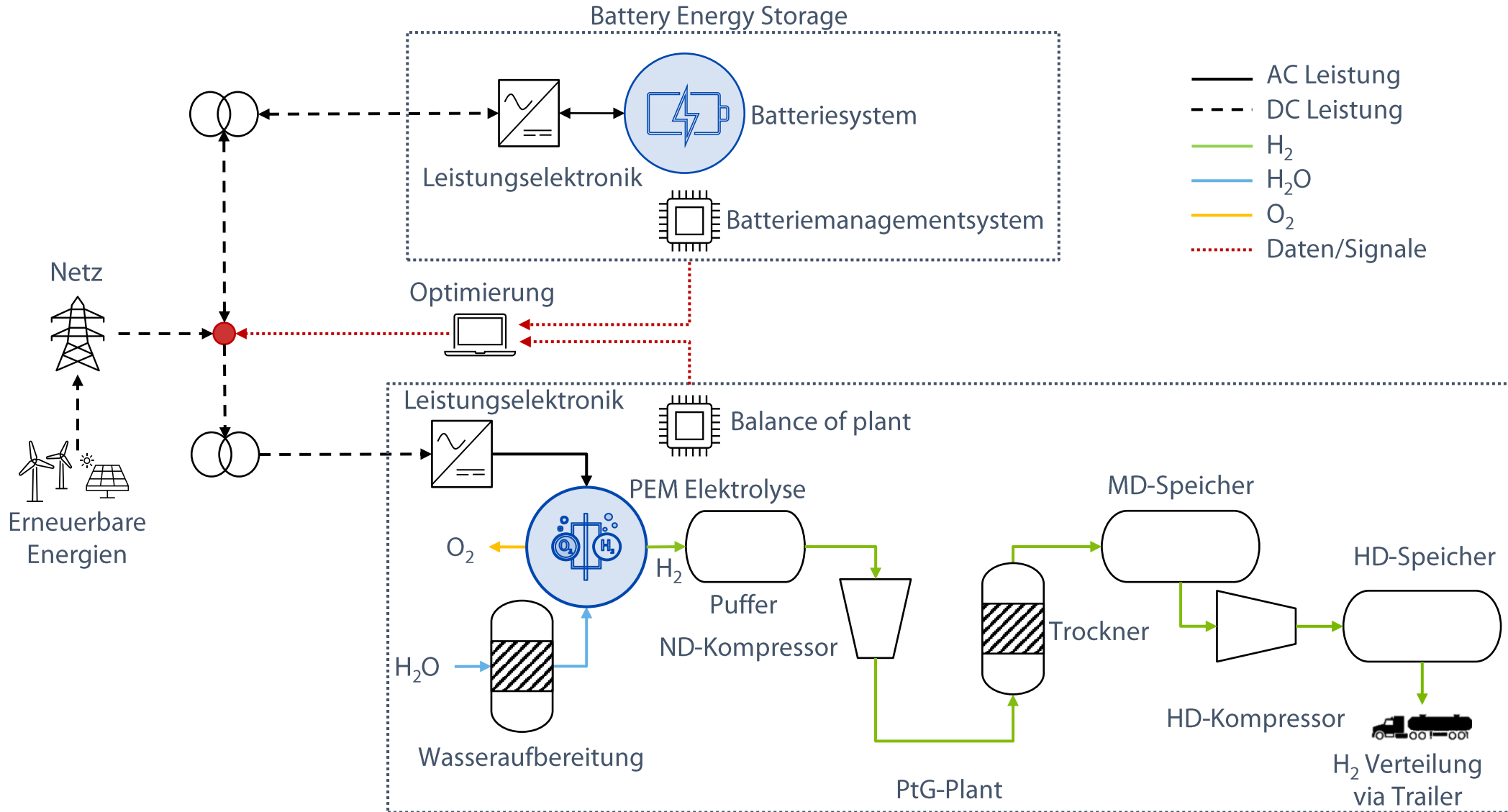
- Erhöhte Anzahl an Start-Stopp-Folgen
- Schädliche Betriebspunkte
- Hohe Lastgradienten

Vorzeitiger Stack-Ausfall



Kombinierte Betriebsstrategie einer PEM Elektrolyse und eines Batteriespeichersystems





Input Parameter

Batteriespeicher

- η_{ch}, η_{dc}
- SOE
- Optional: $P_{el,BOP}$

PEM Elektrolyse

- $\dot{m}_{H_2}(P_{el,in})$
- Optional: $P_{el,BOP}$

Andere

- H2-Bedarf
- Strompreis

Optimierungs-Algorithmus

Dynamische Programmierung

- Strompreis
- Alterung Elektrolyse
- Globales Optimum nach dem Prinzip von Bellmann

Randbedingungen

- Alterungsmodell
- Betriebliche Einschränkungen
- Optional: Kapazität Gasspeicher

Ökonomische Analyse

Techno-ökonom. Optimierung

- Strombeschaffungskosten (EPC)
- Levelized cost of hydrogen (LCOH)

Ohne
Alterung

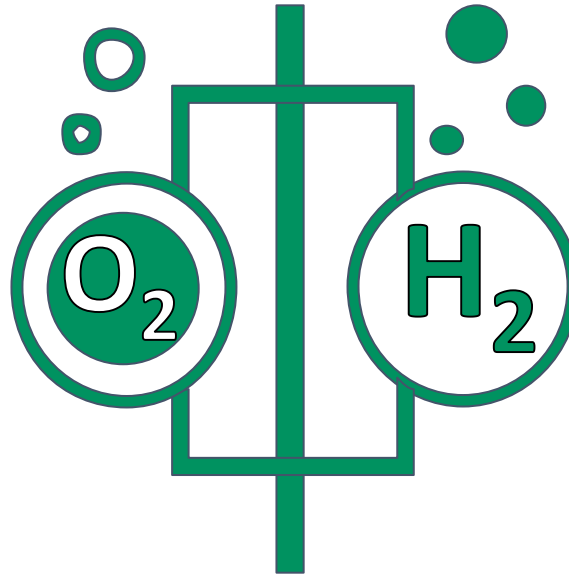
Mit
Alterung

Allgemein



- Kalenderwoche als Betrachtungszeitraum
- Reale Strompreise aus 2021
- H₂-Zielmenge vorgegeben (5 t - 20 t)

Elektrolyse



- Silyzer 300
- PEM-Elektrolyse
- 1 - 9 MW
- $\dot{m}_{\text{H}_2, \text{max}} = 165 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$
- Schrittgröße 1 MW

Batteriespeicher

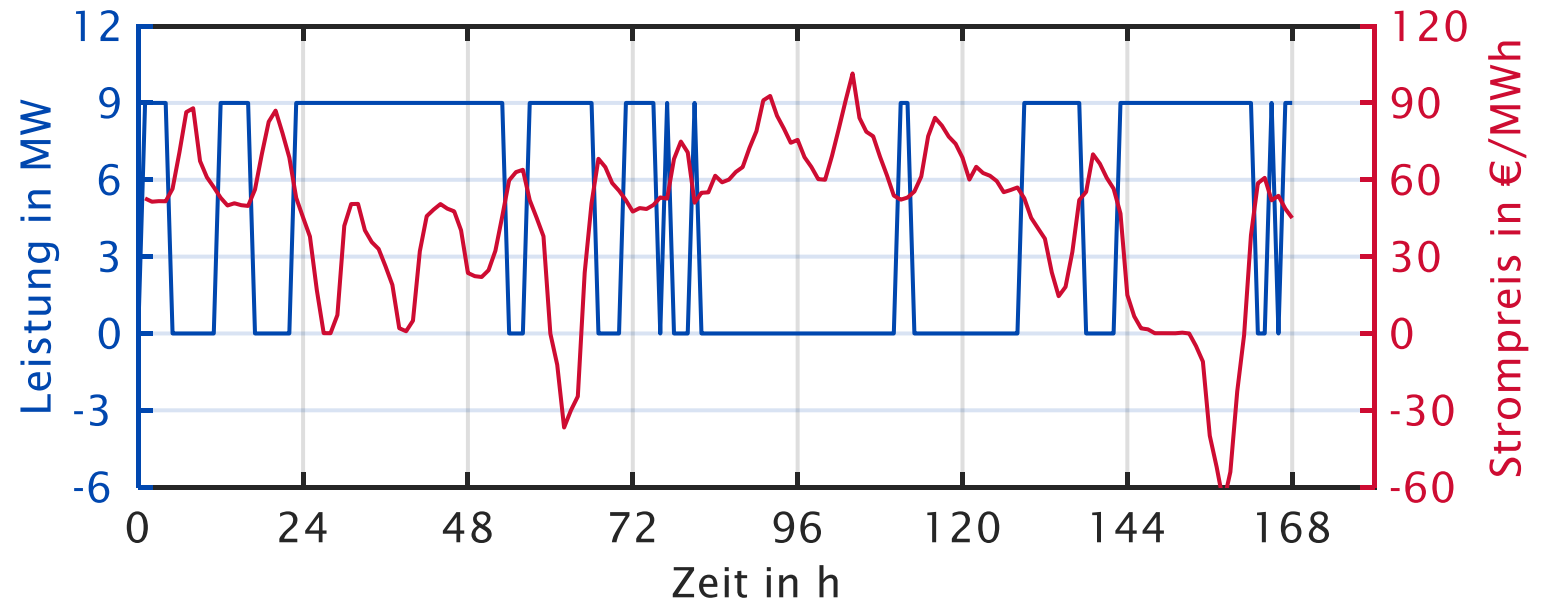


- Siestorage
- NMC-Zellchemie
- 10 MWh / 6 MW
- SOE -Bereich 20 % - 80 %
- $SOE_{\text{Start/Ende}} = 20 \%$
- Einspeisung nur in Elektrolyse

Betriebsparameter:

H₂-Bedarf = 15 t
 Schrittgröße = 1 MW
 $P_{El} = 1, \dots, 9 \text{ MW}$
 $P_{Batt} = -6, \dots, 6 \text{ MW}$
 $SOE_{Batt} = 20, \dots, 80 \%$
 $E_{Batt} = 10 \text{ MWh}$

Referenz ohne Batterie und ohne Alterung

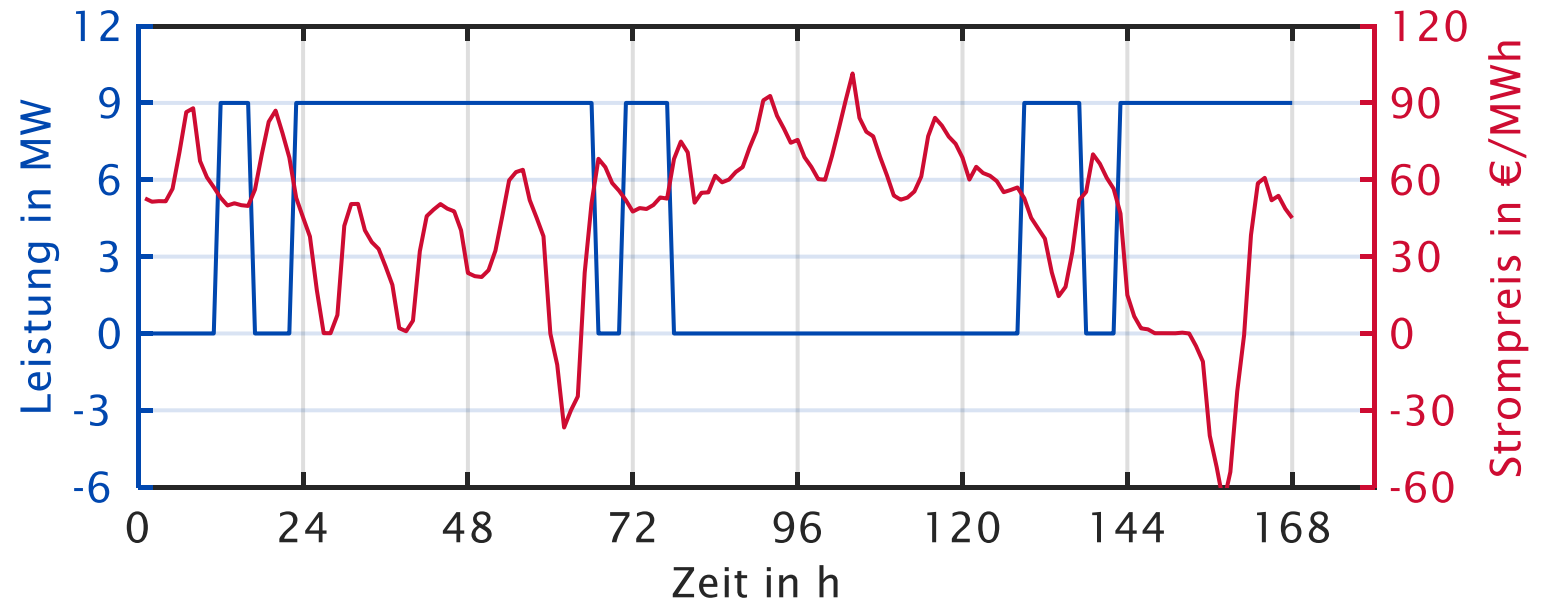


- Maximaler Betriebspunkt bei niedrigen Preisen
- Abschaltung bei hohen Preisen
- Dynamischer Betrieb mit hoher Anzahl an Start-Stopps

Betriebsparameter:

H₂-Bedarf = 15 t
 Schrittgröße = 1 MW
 $P_{El} = 1, \dots, 9 \text{ MW}$
 $P_{Batt} = -6, \dots, 6 \text{ MW}$
 $SOE_{Batt} = 20, \dots, 80 \%$
 $E_{Batt} = 10 \text{ MWh}$

Ohne Batterie und mit Alterung

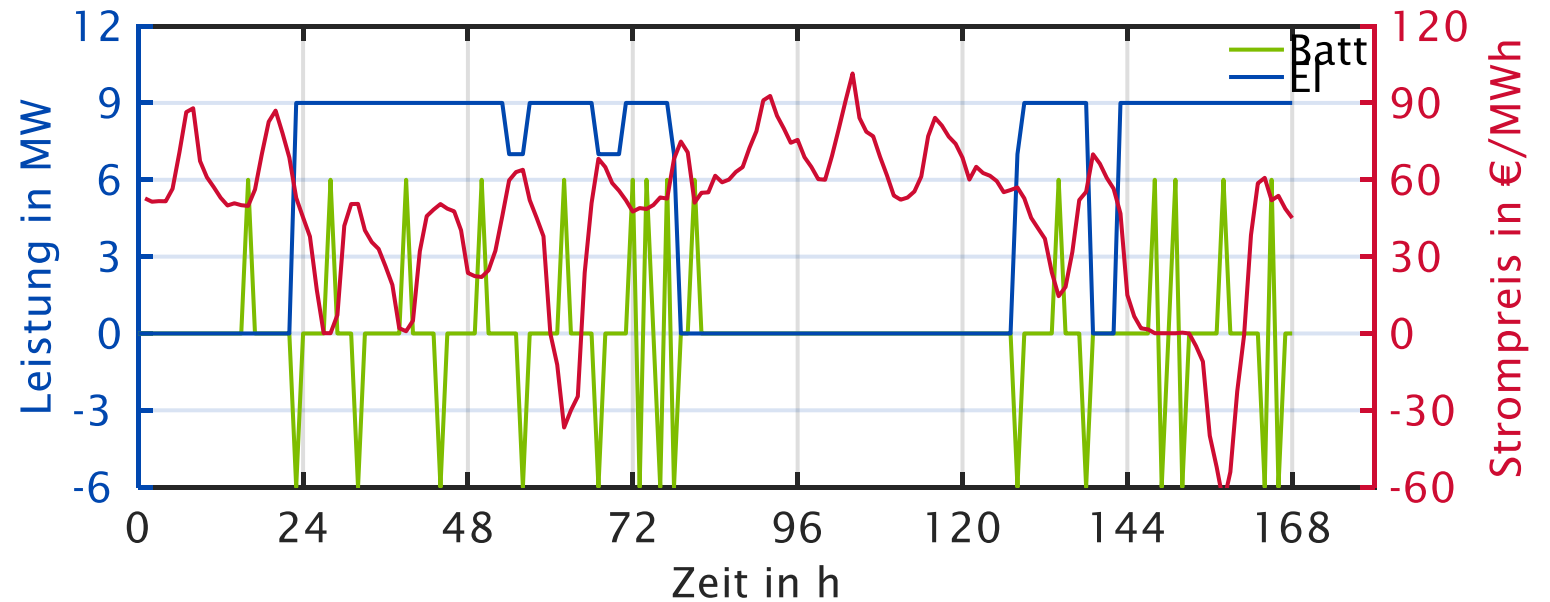


- Deutlicher Einfluss des Alterungsmodells ersichtlich
- Konstanterer Betrieb durch Reduktion der Start-Stopps
- Höhere Betriebspunkte bei hohen Preisen toleriert, um weniger dynamische Betriebsweise zu gewährleisten

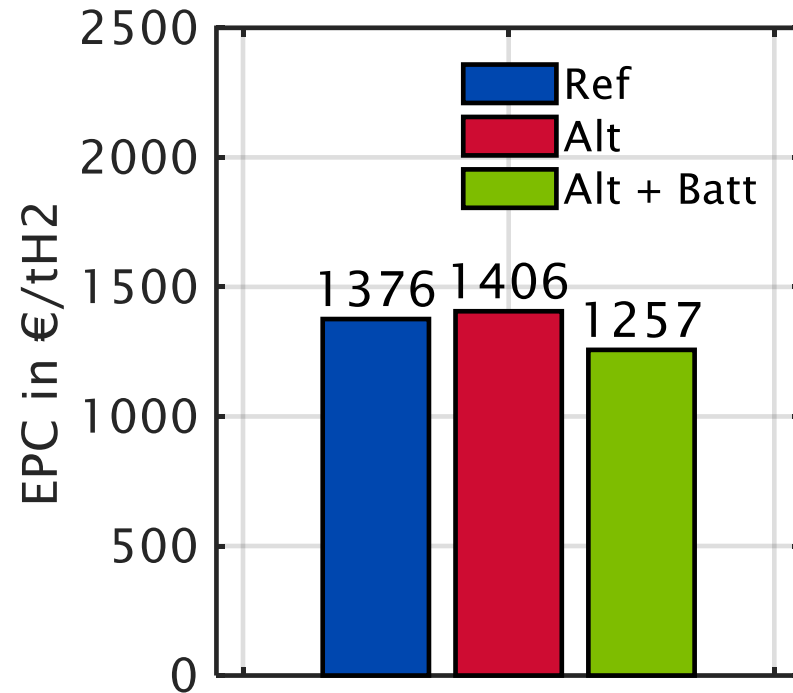
Betriebsparameter:

H₂-Bedarf = 15 t
 Schrittgröße = 1 MW
 $P_{El} = 1, \dots, 9 \text{ MW}$
 $P_{Batt} = -6, \dots, 6 \text{ MW}$
 $SOE_{Batt} = 20, \dots, 80 \%$
 $E_{Batt} = 10 \text{ MWh}$

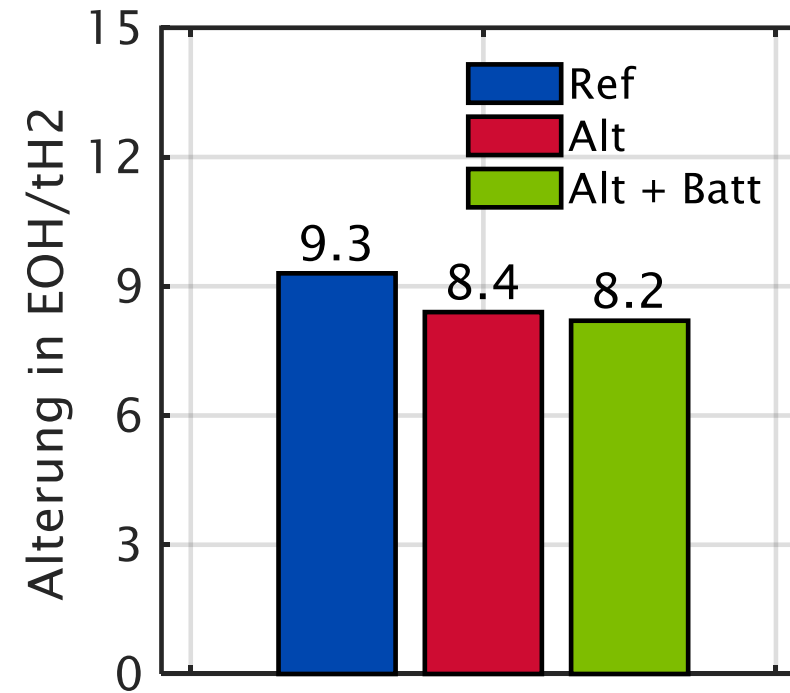
Mit Batterie und mit Alterung



- Ladung der Batterie bei niedrigen Preisen und Entladung bei hohen Preisen
- Weitere Reduktion der Start-Stopps durch Übertragung der Dynamik der PEM-Elektrolyse auf BES



- Leicht höhere EPC durch Berücksichtigung von Alterung ohne Batteriespeicher
- Verringerung EPC um ca. 10 % durch Verwendung des Batteriespeichers



- Deutlich verringerte Alterungserscheinung durch Verwendung des Batteriespeichers
- Senkung der EOHs um ca. 12 %



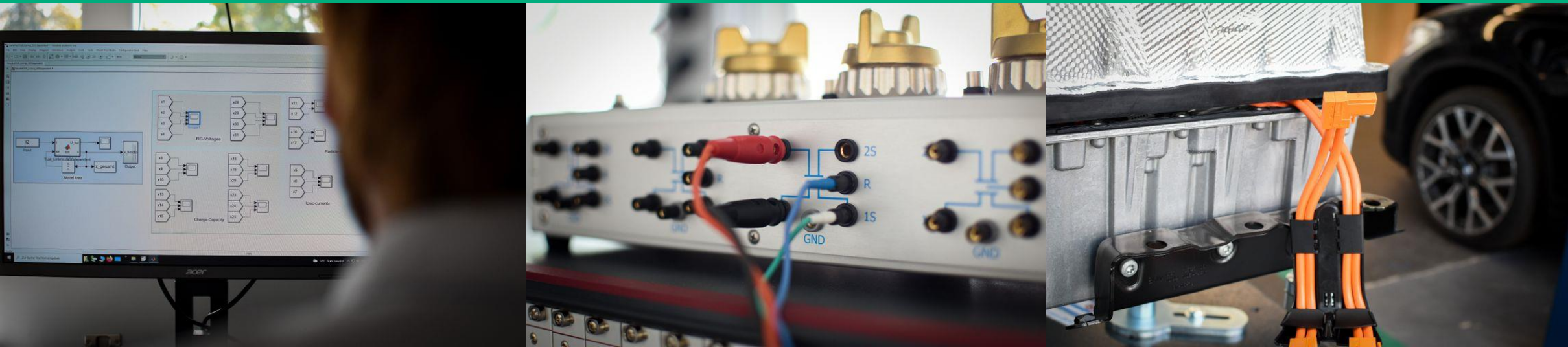
Zusammenfassung

- Batteriesystem als vielversprechendes Konzept zur Bewältigung der bestehenden Herausforderungen
- Quantifizierung der verkürzten Stack-Lebensdauer als wirtschaftlicher Wert
- Verlängerte Lebensdauer des Stacks durch optimierten Betrieb unter Berücksichtigung der Alterung
- Deutliche Reduzierung der EPCs durch optimierten Betrieb in Verbindung mit Batteriesystem



Ausblick

- Implementierung eines Alterungsmodells für das Batteriesystem
- Simulation des gesamten Energieparks Wunsiedel
- Prädiktor/Korrektur-Prinzip für unpräzise Preisvorhersagen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit