

# FeBaL:

## Felddatenbasierte Batteriediagnose und Lebensdauerprognose

---

Frances Weiß

Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI



# Projektübersicht I

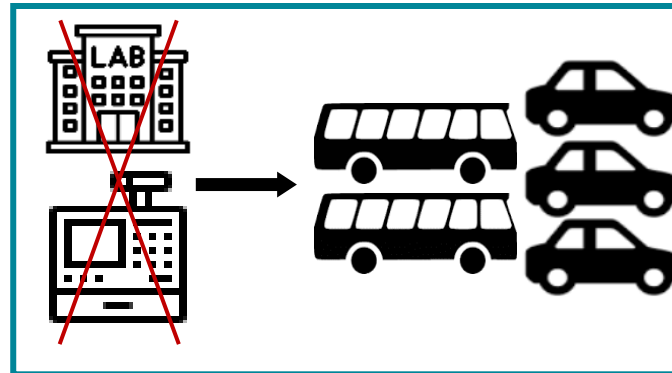
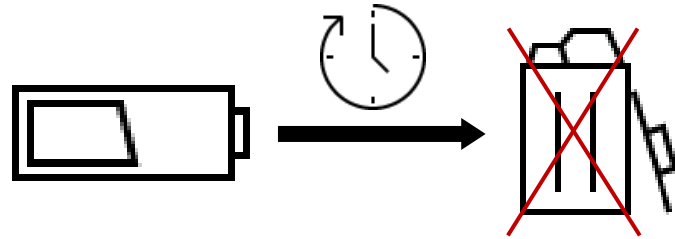
## Hintergrund

### Herausforderungen

#### 1. Motivation: Steigerung der

- ökonomisch
- ökologisch
- sozial

nachhaltigen Nutzung von Batterien



#### 2. Motivation: Vermeidung von

- praxisfremden
- langwierigen
- teuren

Labormessungen zur Batterieanalyse

# Projektübersicht I

## Hintergrund

---

### Ziele

Bestimmung des

- a) **Alterungsverhaltens** zur Ermittlung der *Stressfaktoren* und ihrer *Wechselwirkungen*,
- b) **Alterungszustands** *ohne* zusätzliche Kapazitätstests während des Betriebes,
- c) **Nutzungsverhaltens** zur *anwendungsspezifischen* Lebensdauerprognose

für Lithium-Ionen-Batterien direkt aus Felddaten.

### Erwartete Ergebnisse

Transformation der Batteriealterungsdiagnose und -prognose

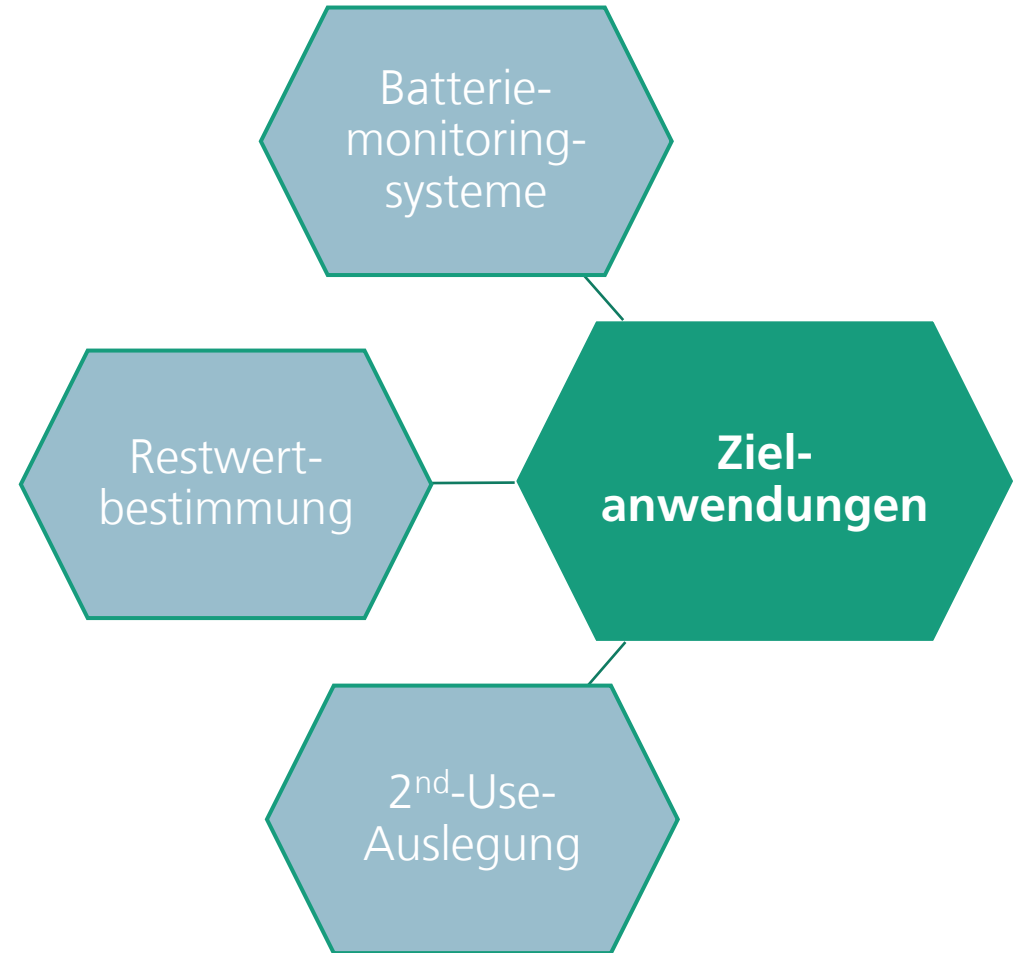
- Nutzung adaptiver Algorithmen
- basierend auf Felddaten statt Prüfstandversuchen

Definition eines alternativen End-of-Life-Kriteriums

- kein „starrer“ Schwellenwert
- tatsächliche Nutzungsfälle ausschlaggebend

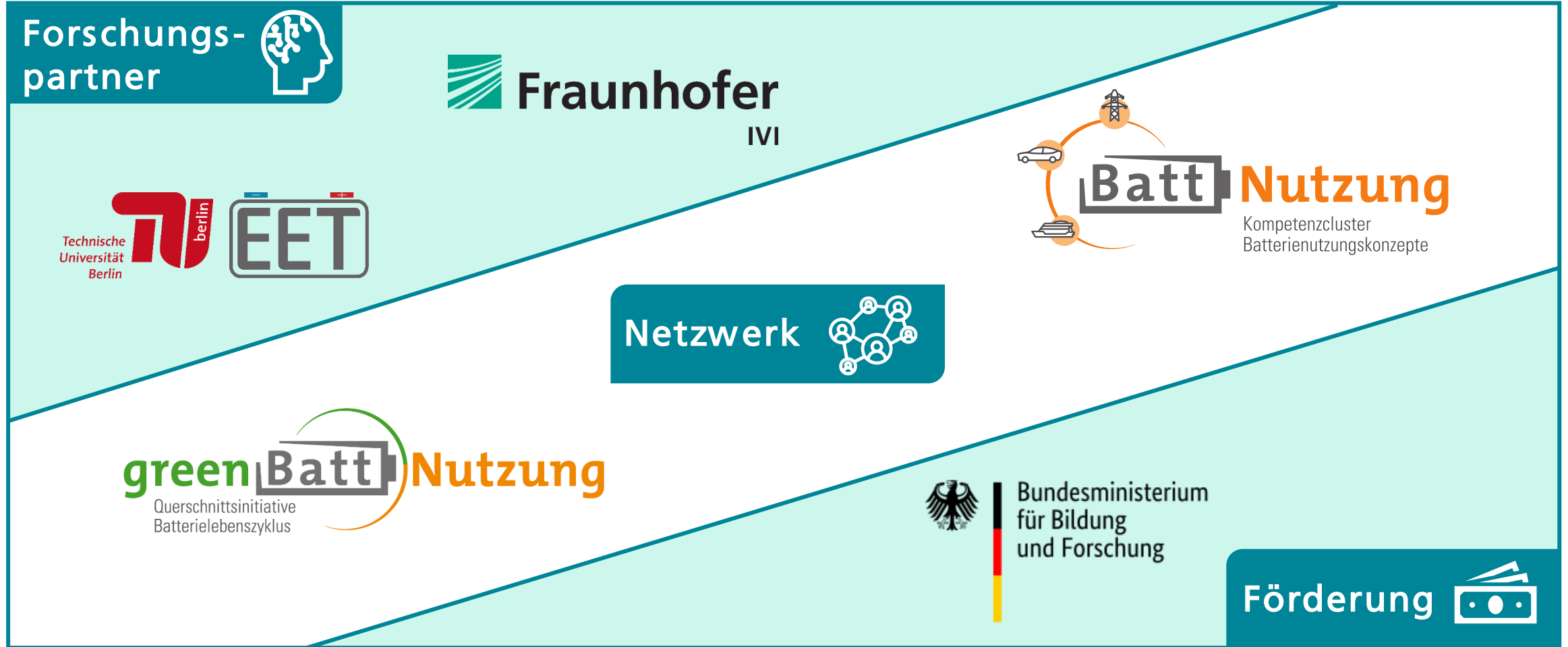
# Projektübersicht I

## Hintergrund



# Projektübersicht II

Kontext

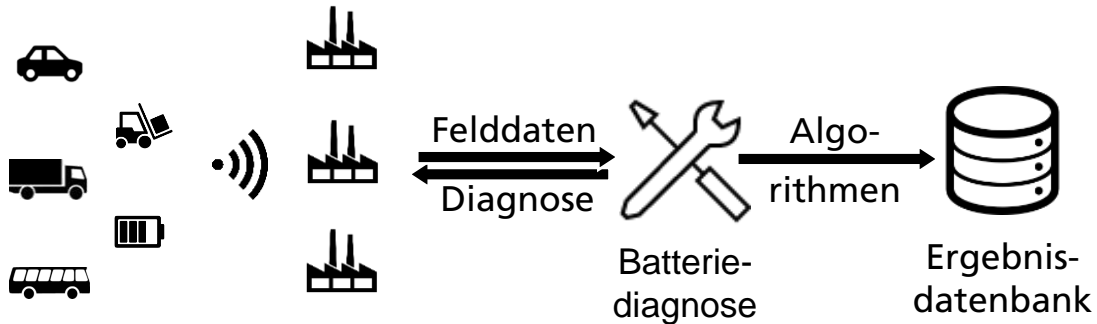


# Projektübersicht III

## Kernkompetenzen der Partner

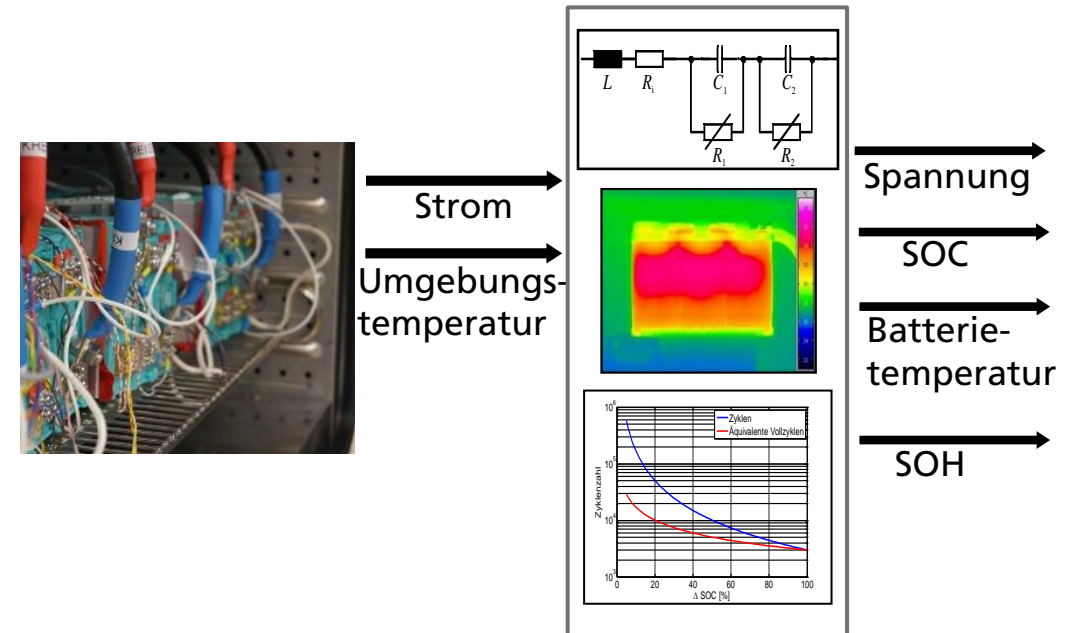
### Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI

- industrienaher Forschung
- Batteriediagnose, inkl. Zustand und Alterung
- Telematik-basierte Monitoringsysteme
- Betreiben einer Big-Data-Serverinfrastruktur
- Vermessung von Batterien



### TU Berlin, FG Elektrische Energiespeichertechnik (EET)

- Vermessung von Batterien
- Entwicklung von Simulationsmodellen
- chemische und physikalische Analyse



# Warum Felddaten?

Herausforderung SOH-Bestimmung



Nutzer:in abhängig von Angaben in Garantiebedingungen und Datenblättern

ABER:

- Aussagen geknüpft an *ein bestimmtes* Nutzungsszenario, getestet im Labor unter künstlichen Randbedingungen
- Diskrepanz zwischen *garantierter* und *erwarteter* Lebensdauer lt. Datenblatt

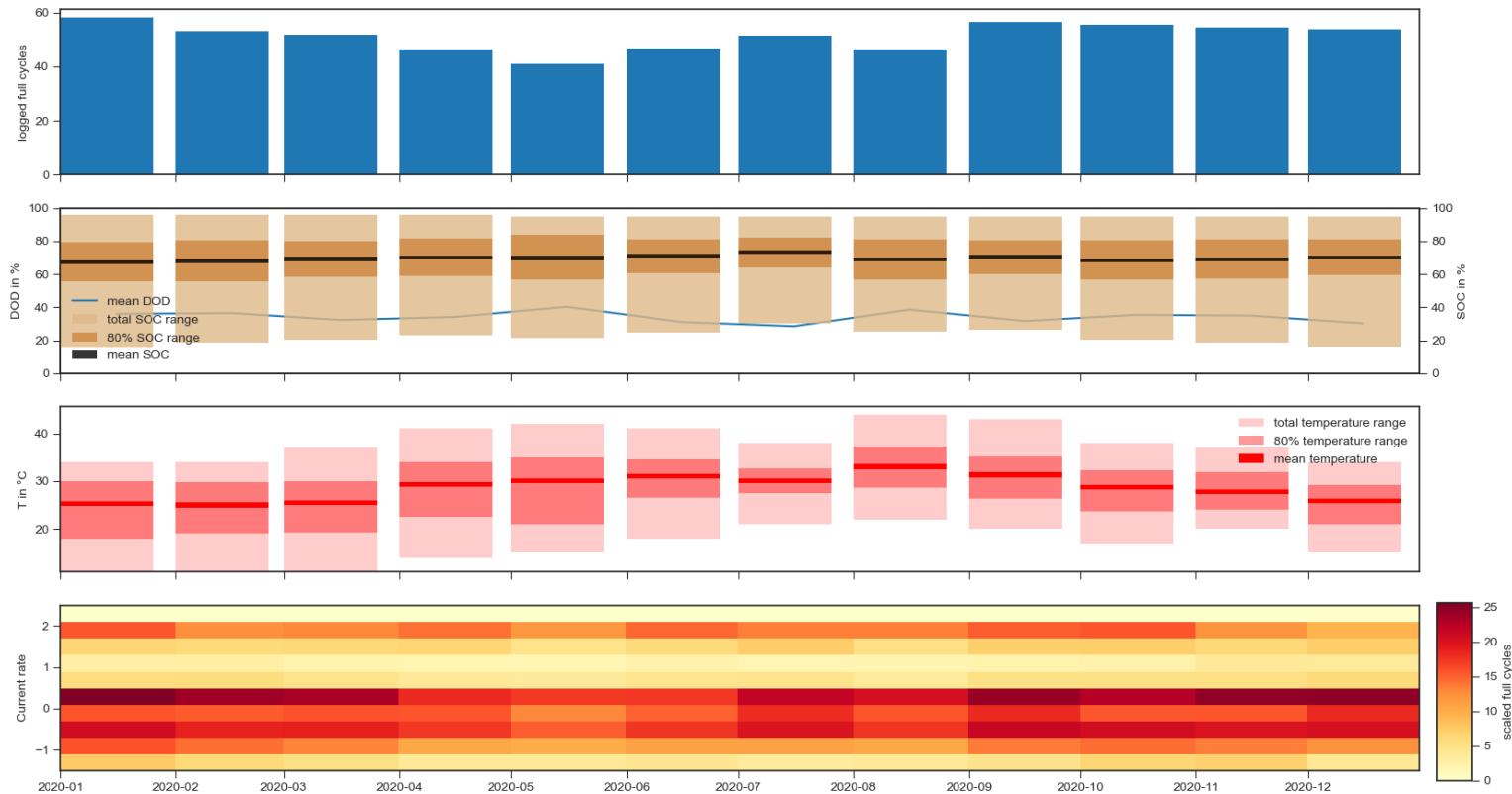


Standardangaben im realen Betrieb weder realistisch noch einzuhalten

# Warum Felddaten?

## Vorteile felddatenbasierter Batteriediagnose

- ✓ bildet tatsächliche Nutzung ab
- ✓ modelliert anhand vorliegender Betriebsbedingungen



→ Analyse und Prognose spezifischer Nutzungsszenarien unter echten Randbedingungen

→ ermöglicht z. B.

- Beurteilung des momentanen Alterungszustands
- Abgleich zw. tatsächlicher Nutzungsweise und Garantiebedingungen
- Bewertung des Einflusses des Nutzungsverhaltens auf die Alterung
- Einschätzung der Lebensdauer bei unveränderter Weiternutzung oder unter wechselnden Bedingungen
- Empfehlungen für zukünftige Nutzung

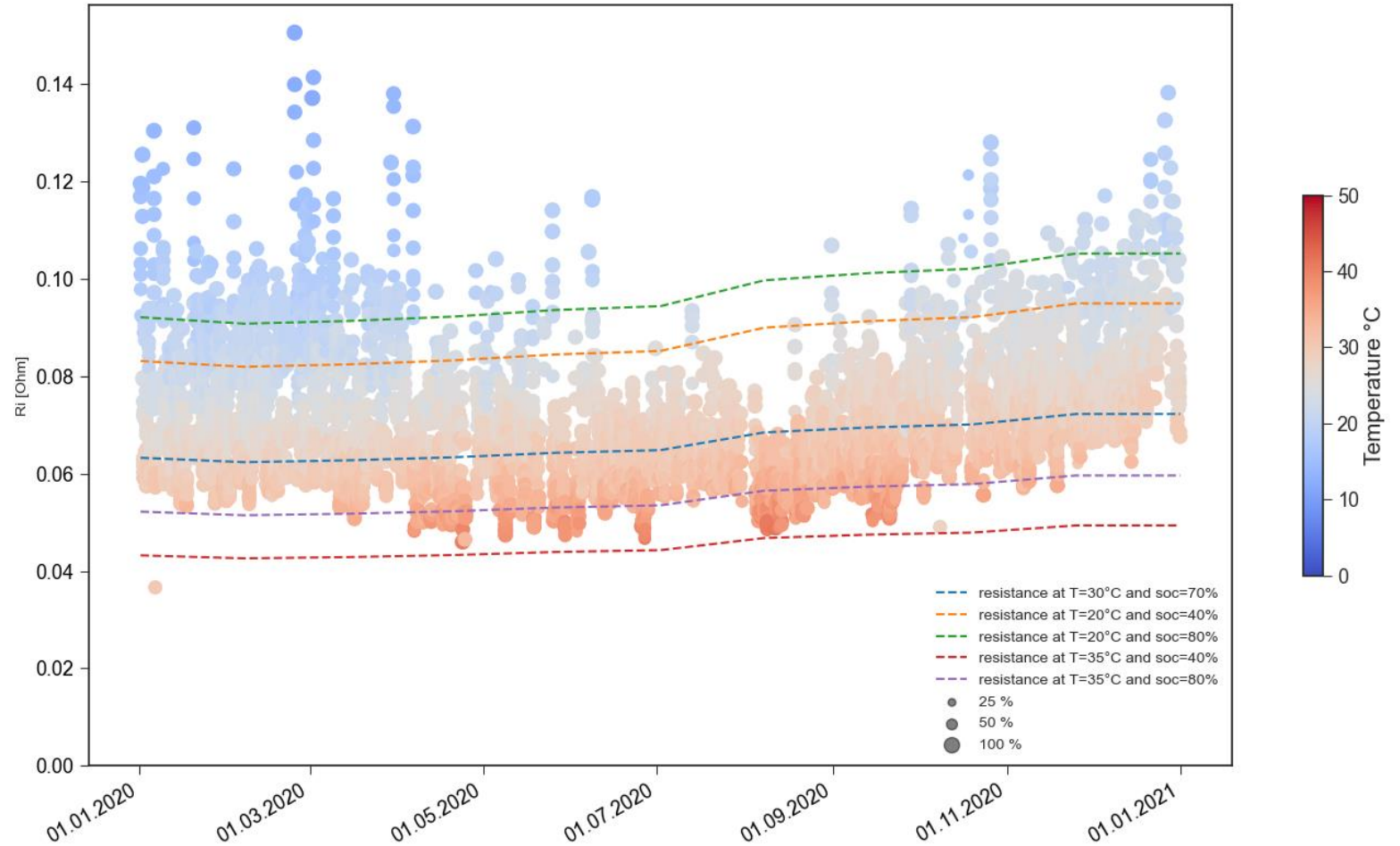


# Beispielanalyse I:

## Innenwiderstand: Einflussfaktoren

Untersuchung des Einflusses von

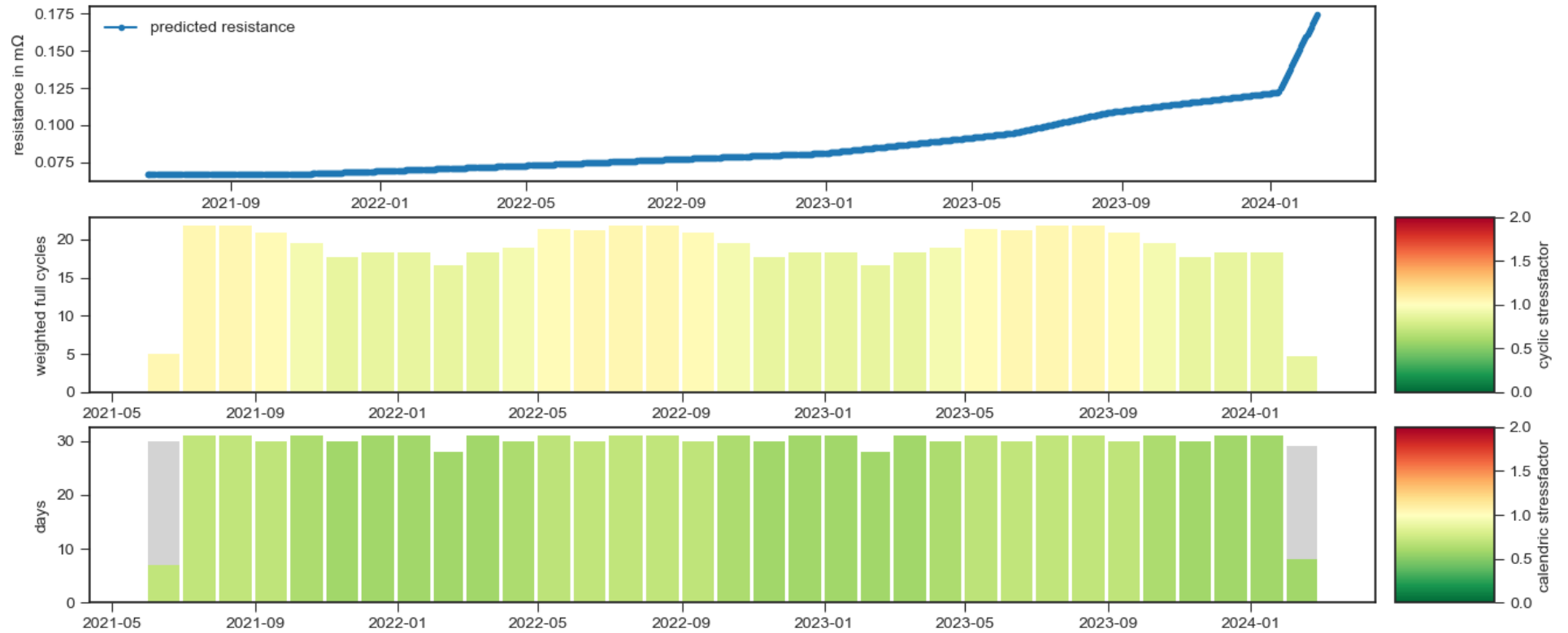
- SOC
  - Temperatur
- auf Innenwiderstand



# Beispielanalyse II

## Innenwiderstand: Zyklische vs. Kalendarische Alterung

Einfluss von Stressfaktoren auf (zukünftige) Innenwiderstandszunahme



zyklisch

kalendarisch

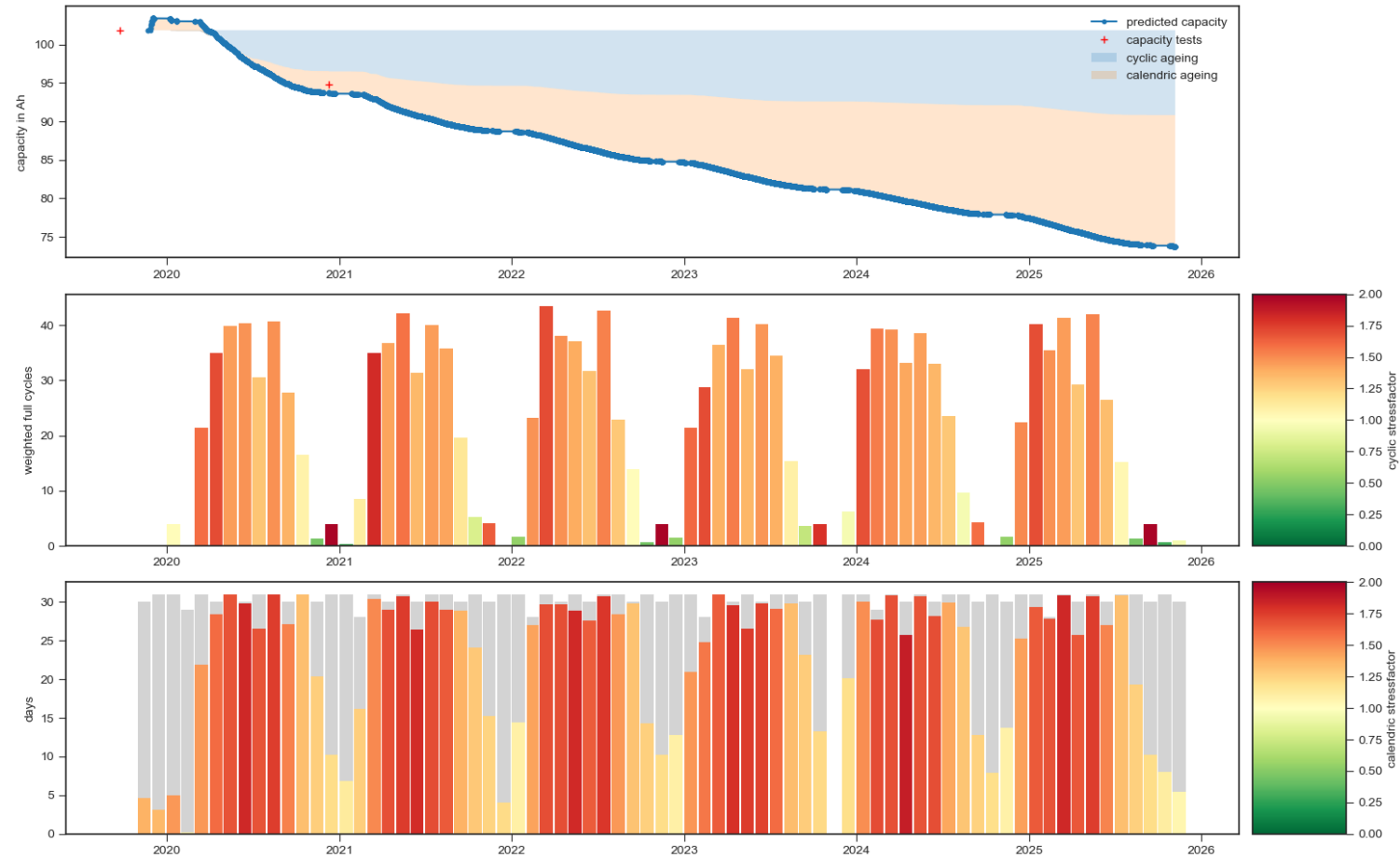
# Beispielanalyse III

## Kapazität: Zyklische vs. Kalendarische Alterung

Einfluss von Stressfaktoren auf  
(zukünftige)  
Kapazitätsabnahme

zyklisch

kalendarisch

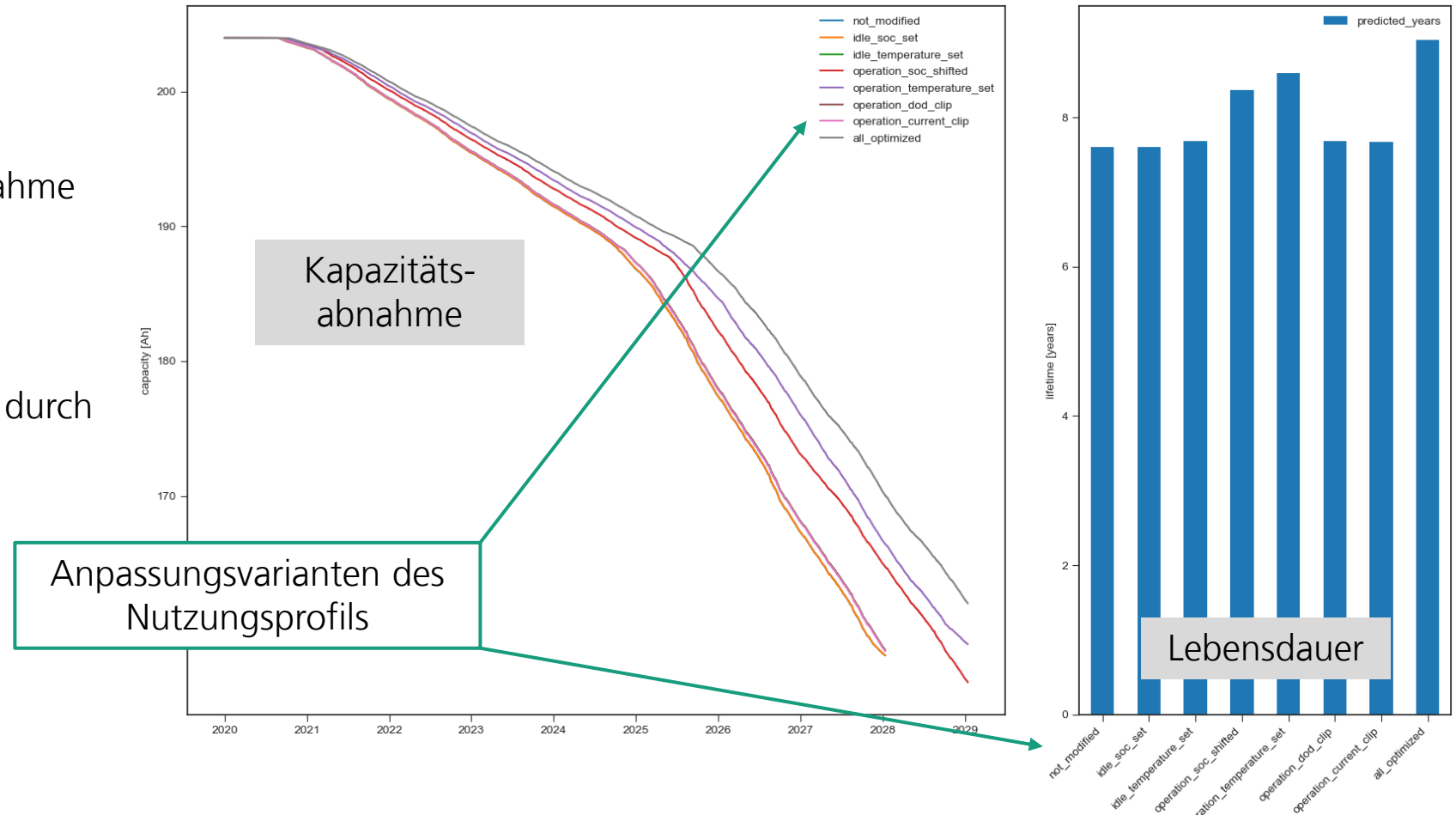


# Beispielanalyse IV

## Kapazität: Auswirkungen der Optimierung des Nutzungsprofils

Vorhersage der Kapazitätsabnahme und Lebensdauer für diverse Anpassungen des Nutzungsprofils

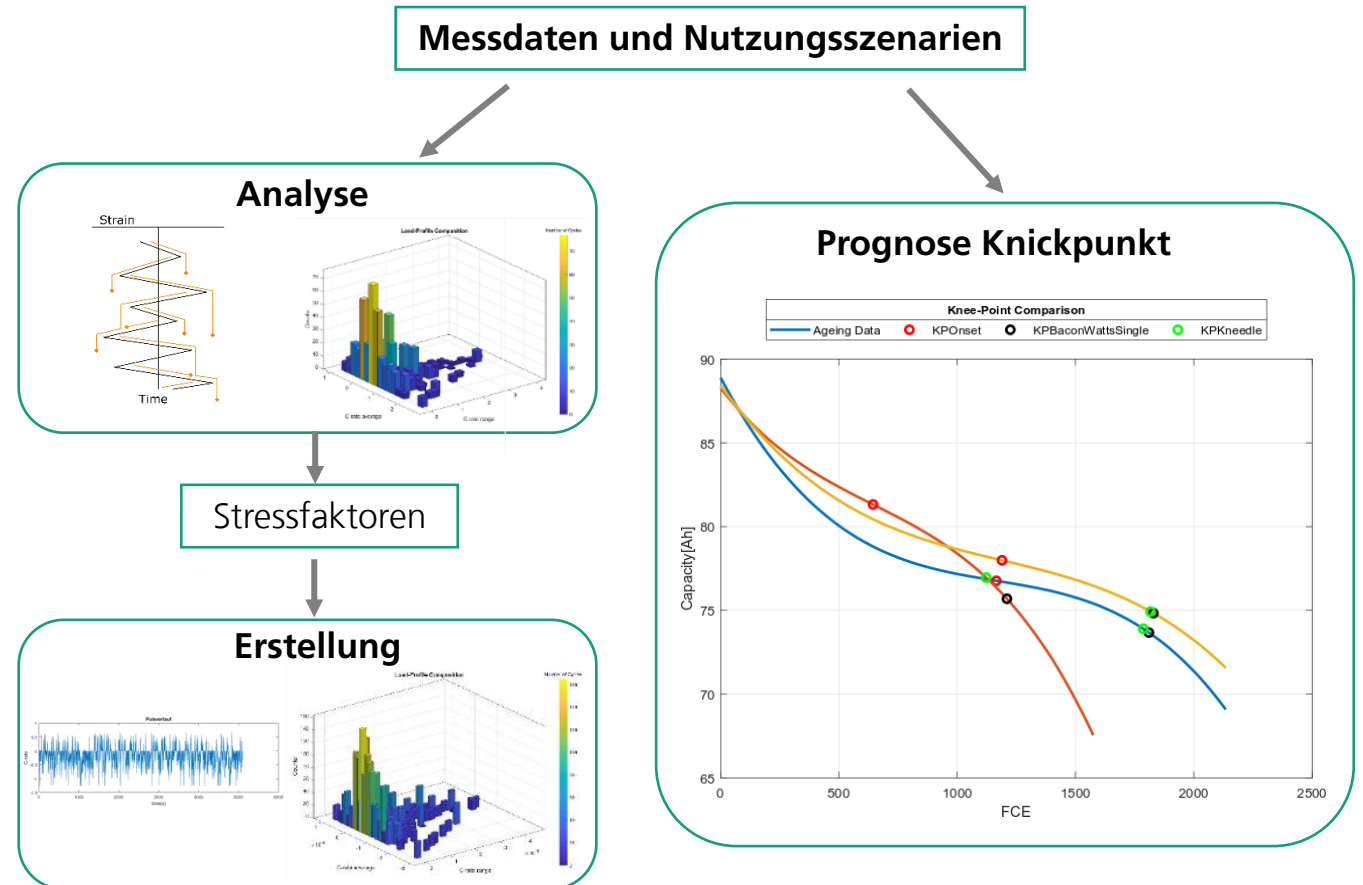
→ Lebensdauererlängerung durch optimierte Nutzung



# Methodisches Vorgehen I:

## Nutzungsprofile

- Lernen von Nutzungsszenarien
  - Analyse nach Temperatur, Strom, SOC
- Ermitteln von Stressfaktoren
  - Berücksichtigung ihrer Einflüsse und Wechselwirkungen
- Erstellung dynamischer Nutzungsprofile
  - Abbildung realistischer und charakteristischer Bedingungen
- Modellierung der Alterungstrajektorie
  - Knickpunkt der Alterungstrajektorie als Referenz für das Lebensende



# Methodisches Vorgehen II:

## Spannung & Alterung

### Modellierung durch Battery Neural Network (BNN)

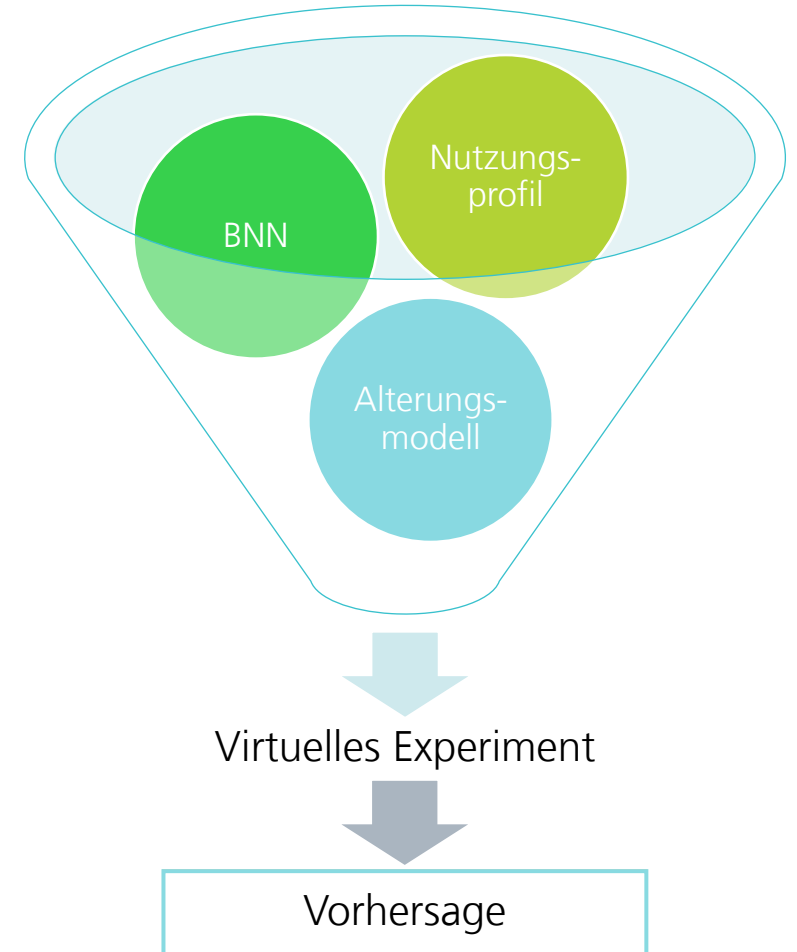
- speziell zur Abbildung des Batterieverhaltens entwickeltes Neuronales Netz
- Berücksichtigung von Über-, Ruhe- und ohmschen Spannungen
- Training mit charakteristischen Nutzungsprofilen aus Felddaten
- Transferlernen zur Übertragung von Informationen zwischen Fahrzeugen

### Durchführung Virtueller Experimente

- Grundlage ist Spannungsvorhersage des **BNN** in einem **stressfaktorbasierten Alterungsmodell**
- Simulation der erstellten **szenariobasierten Nutzungsprofile**
- Ermittlung relevanter Parameter des Alterungszustands

### Vorhersage

- Alterungstrajektorie und Knickpunkt im Alterungsverlauf
- szenariospezifische Restlebensdauer und Restkapazität

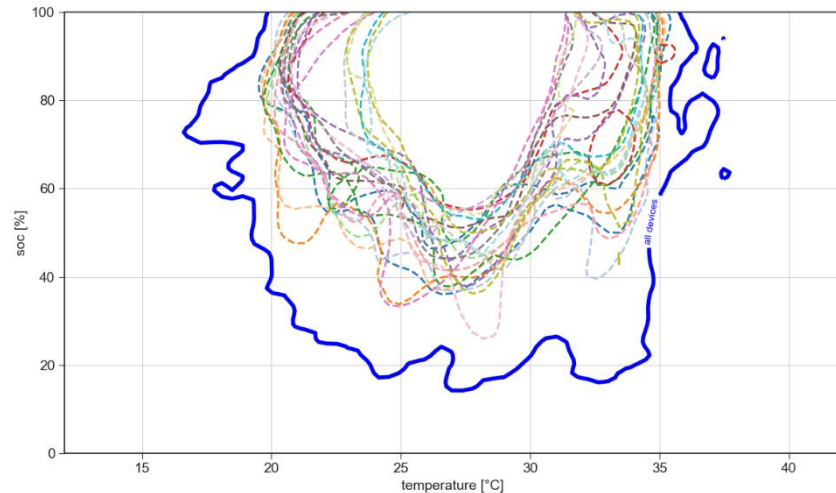


# Methodisches Vorgehen III:

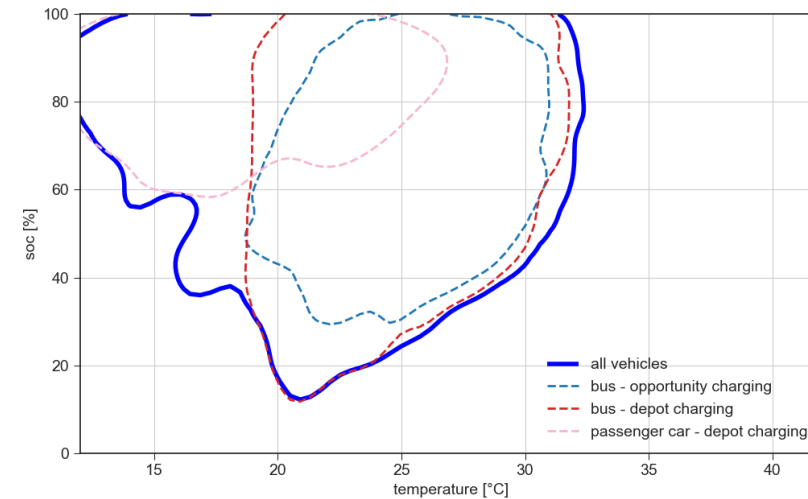
## Transferlernen

### Idee

- Vergrößerung des Datenraums durch Extrapolation von Informationen zwischen Fahrzeugen
- verbesserte Modellierung insbesondere in selten genutzten Betriebsbereichen



- gestrichelte Linien: jeweilige Betriebsbereiche der Einzelfahrzeuge
- blaue Linie: Betriebsbereich aller Fahrzeuge



- gestrichelte Linien: jeweilige Betriebsbereiche einer Fahrzeugflotte
- blaue Linie: Betriebsbereich aller Fahrzeuge

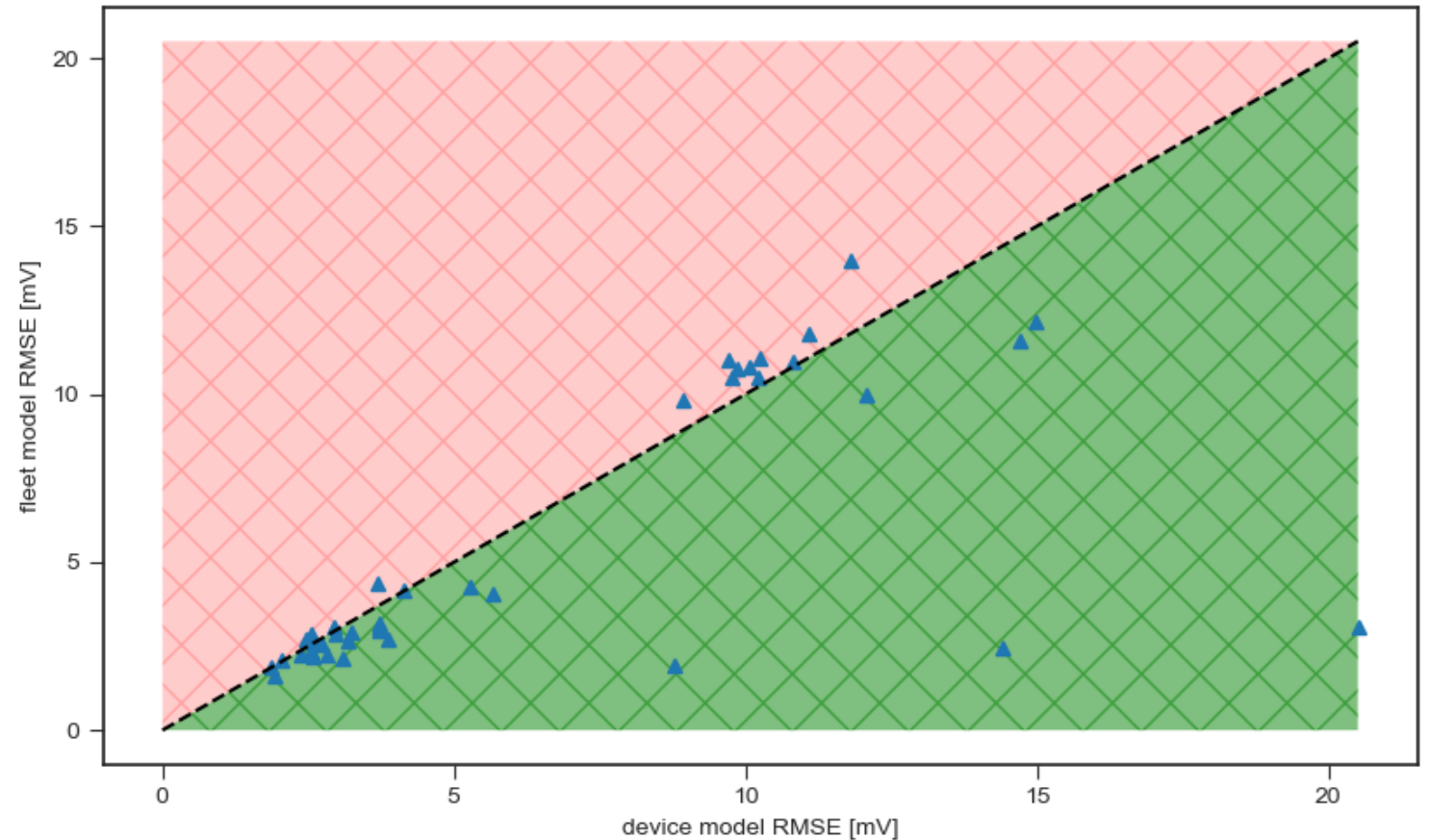
# Methodisches Vorgehen III:

## Transferlernen

### Strategie zur Bewertung des Effekts:

1. Verwenden der Trainingsdaten eines Fahrzeugs
  - RMSE auf x-Achse
2. Verwenden der Trainingsdaten aller Fahrzeuge
  - RMSE auf y-Achse
3. Vergleich der Ergebnisse auf Validierungsabschnitt
  - jeweils ein blaues Dreieck

→ Reduktion des RMSE für die meisten Abschnitte



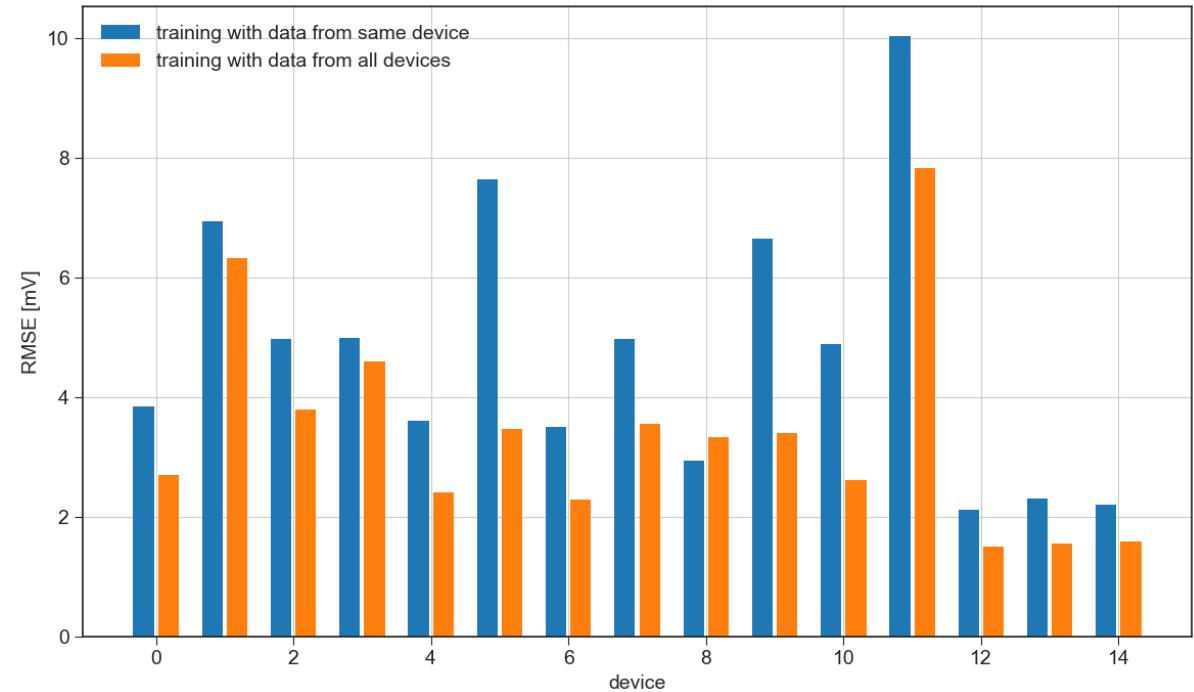


# Methodisches Vorgehen III:

## Transferlernen

### Ergebnisse

- erhebliche Reduktion des Spannungsfehlers durch Einbezug der Daten aller Fahrzeuge
- Berücksichtigung größerer Datenmenge während des Trainings für größeren Betriebsbereich möglich
- ermöglicht szenarienbasierte SOH-Untersuchungen



# Weitere Informationen

## ▪ Projektkoordination: Frances Weiß

- E-Mail: [frances.weiss@ivi.fraunhofer.de](mailto:frances.weiss@ivi.fraunhofer.de)
- Telefon Büro: +49 351 4640 610
- Telefon mobil: +49 151 2367 0801
- ... oder **ESS2023 in Freiberg am 22. Juni**

## ▪ online:

- Projekt auf der Cluster-Webseite: <https://www.battnutzung-cluster.de/de/projekte/febal/>
- Webseite des Fraunhofer IVI: <https://www.ivi.fraunhofer.de/de/forschungsfelder.html#Anker03>

## ▪ Publikation:

- T. Lehmann, F. Weiß: Lithium-Ion Battery Aging Analysis of an Electric Vehicle Fleet Using a Tailored Neural Network Structure, *Appl. Sci.* 2023, 13(7), 4448.
- <https://doi.org/10.3390/app13074448>

© Funtap | stock.adobe.com

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit

---