

Das Technologie-Netzwerk:  
Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe

# it's owl

**Intelligentes Energiemanagement für  
elektrisch angetriebene Fahrzeuge**  
08.12.2015

Julian Eckstein

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



BETREUT VOM



**PTKA**  
Projektträger Karlsruhe  
Karlsruher Institut für Technologie



DAS CLUSTERMANAGEMENT WIRD GEFÖRDERT DURCH:

Ministerium für Wirtschaft, Energie,  
Industrie, Mittelstand und Handwerk  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Innovation,  
Wissenschaft und Forschung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



# Gliederung

## 1. Innovationsprojekt ReelaF

- Zielsetzung
- Motivation

## 2. Arbeitspaket 5: Energiemanagement

- Konzept
- Methode

## 3. Kooperation mit dem CQP Selbstoptimierung

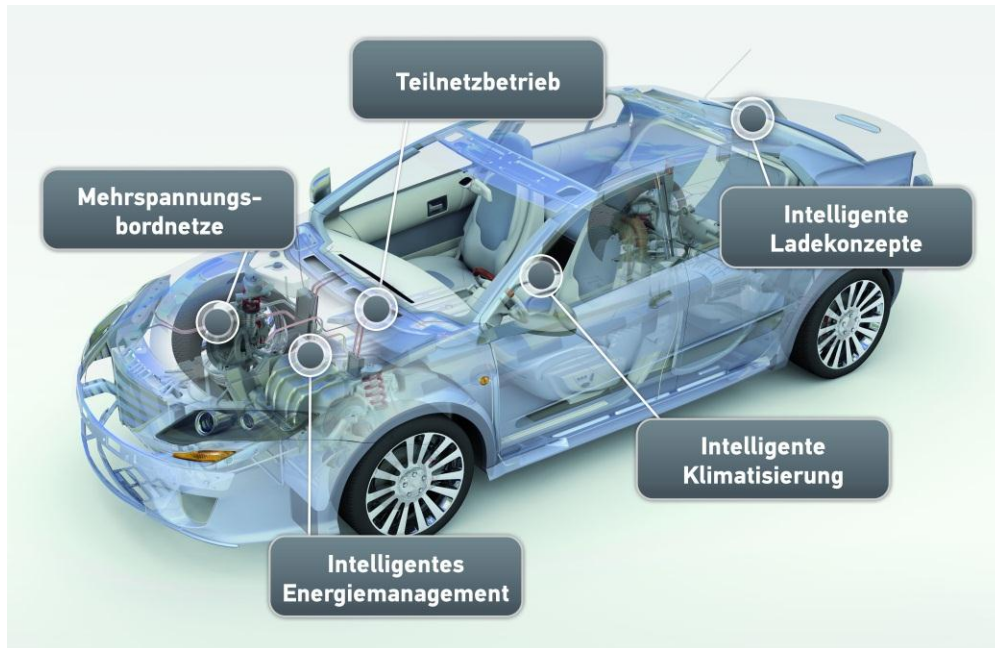
- Institut für Industriemathematik IFIM
- Heinz Nixdorf Institut HNI

## 4. Fazit



# Innovationsprojekt ReelaF

## Reichweitenerweiterung elektrisch angetriebener Fahrzeuge



### ZIELSTELLUNG

- Erhöhung der Reichweite von Elektro- und Hybridfahrzeugen unter Berücksichtigung von Komfortansprüchen
- Steigerung der Energieeffizienz durch intelligente Betriebsstrategien für Klimatisierung und Energiemanagement
- Untersuchung von Bordnetz-, Batterielade- und Wandlerkonzepten
- Laufzeit: 01.01.2013 – 30.04.2016 (Verlängerung beantragt)

# Innovationsprojekt ReelaF

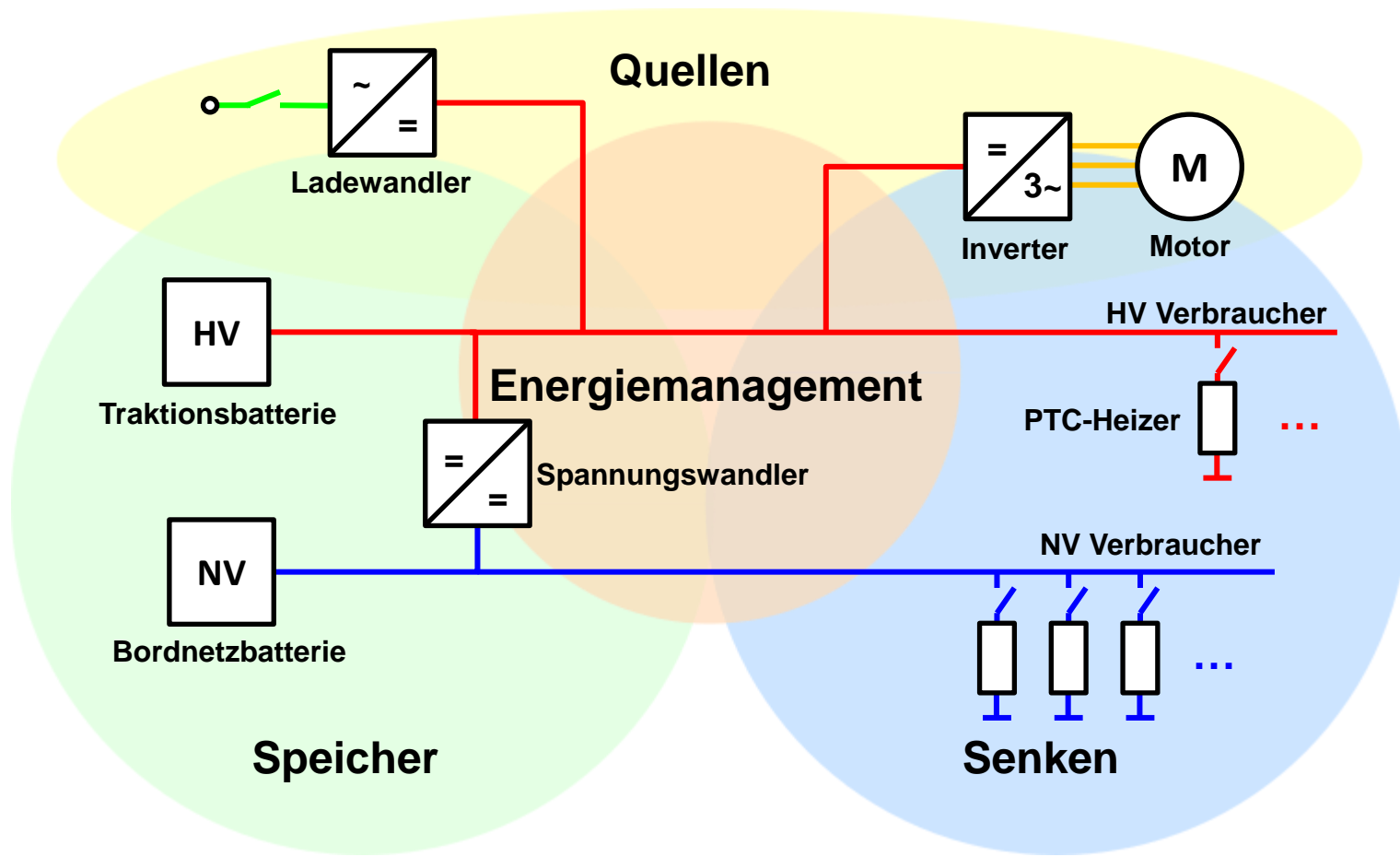
## Reichweitenerweiterung elektrisch angetriebener Fahrzeuge

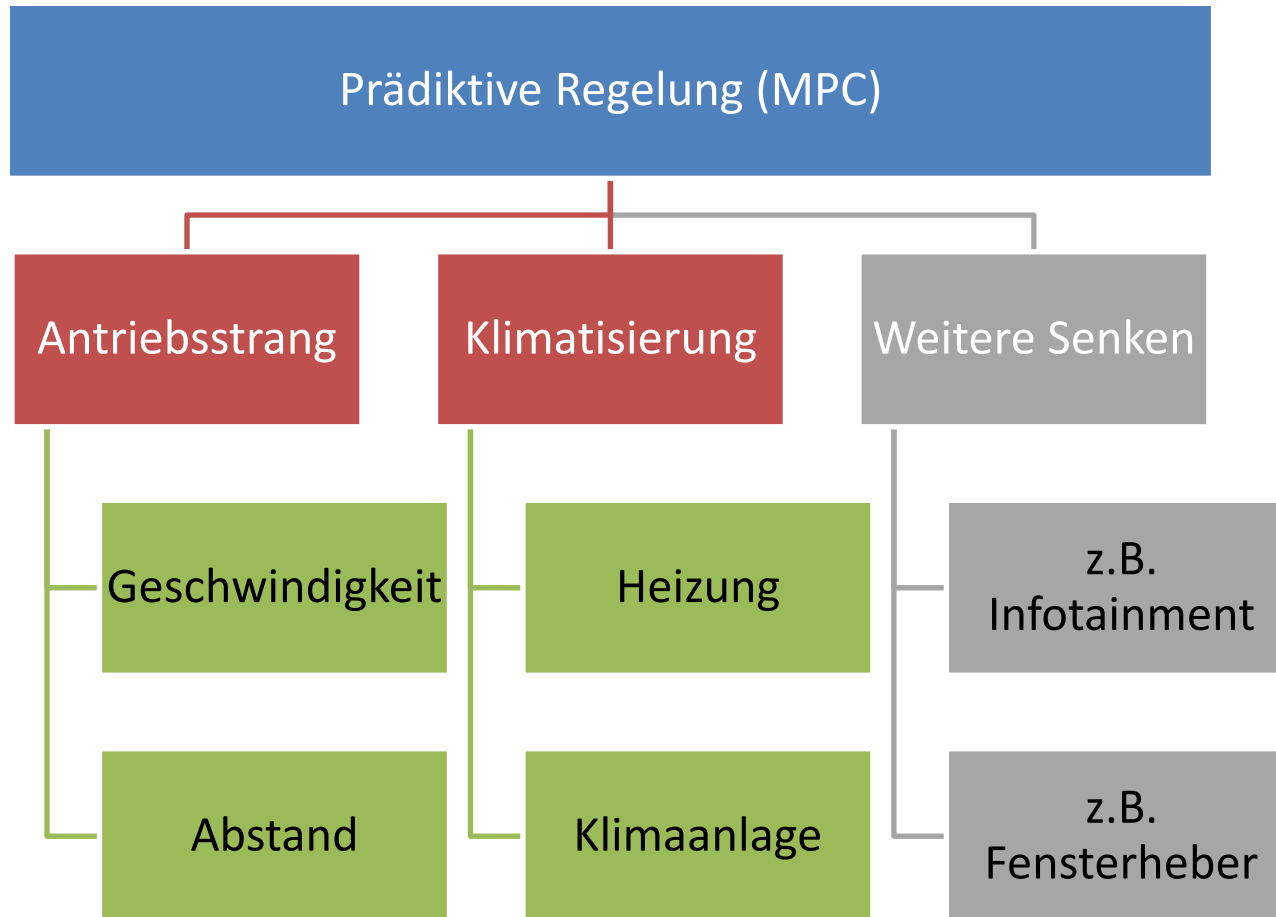
### MOTIVATION

- Ausgangspunkt:
  - Energieverbrauch aktueller Elektrofahrzeuge: ~ 15 kWh/100 km
  - Batteriekapazität von ca. 25 kWh → Reichweite etwa 170 km
  - Winterfall: Reduktion um bis zu 50% → Reichweite etwa 85 km
- Notwendigkeit zur Energieeinsparung zur Erhöhung der Reichweite
- Mögliche Ansätze:
  - Gegenkräfte verringern → Rollreibung, Aerodynamik, Masse
  - Effizienz der Komponenten des Fahrzeugs erhöhen
    - AP 1 Ladewandler
    - AP 2 Spannungswandler
    - AP 3 Steuergeräte
  - Neue Systemkonzepte nutzen
    - AP 4 Flächenheizungen
  - Betriebsstrategie verbessern
    - AP 5 Belastung der Batterie reduzieren

# Arbeitspaket 5

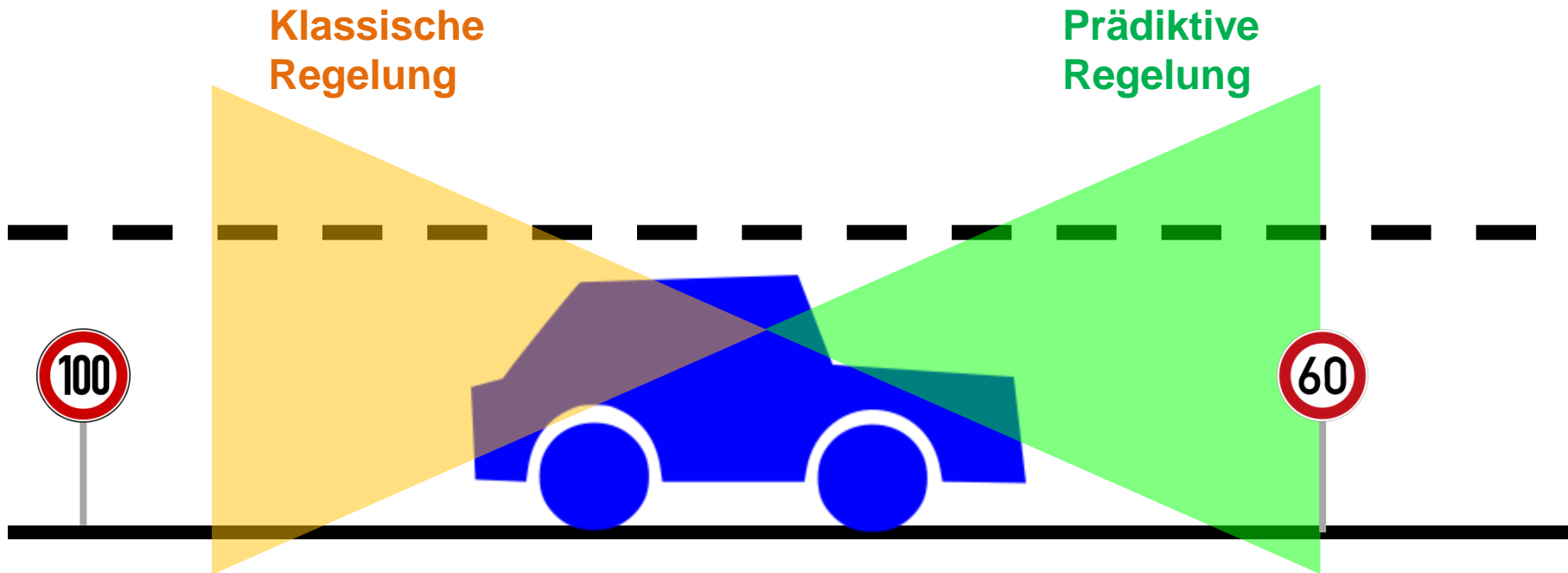
## Typische Komponenten im Elektrofahrzeug





# Arbeitspaket 5

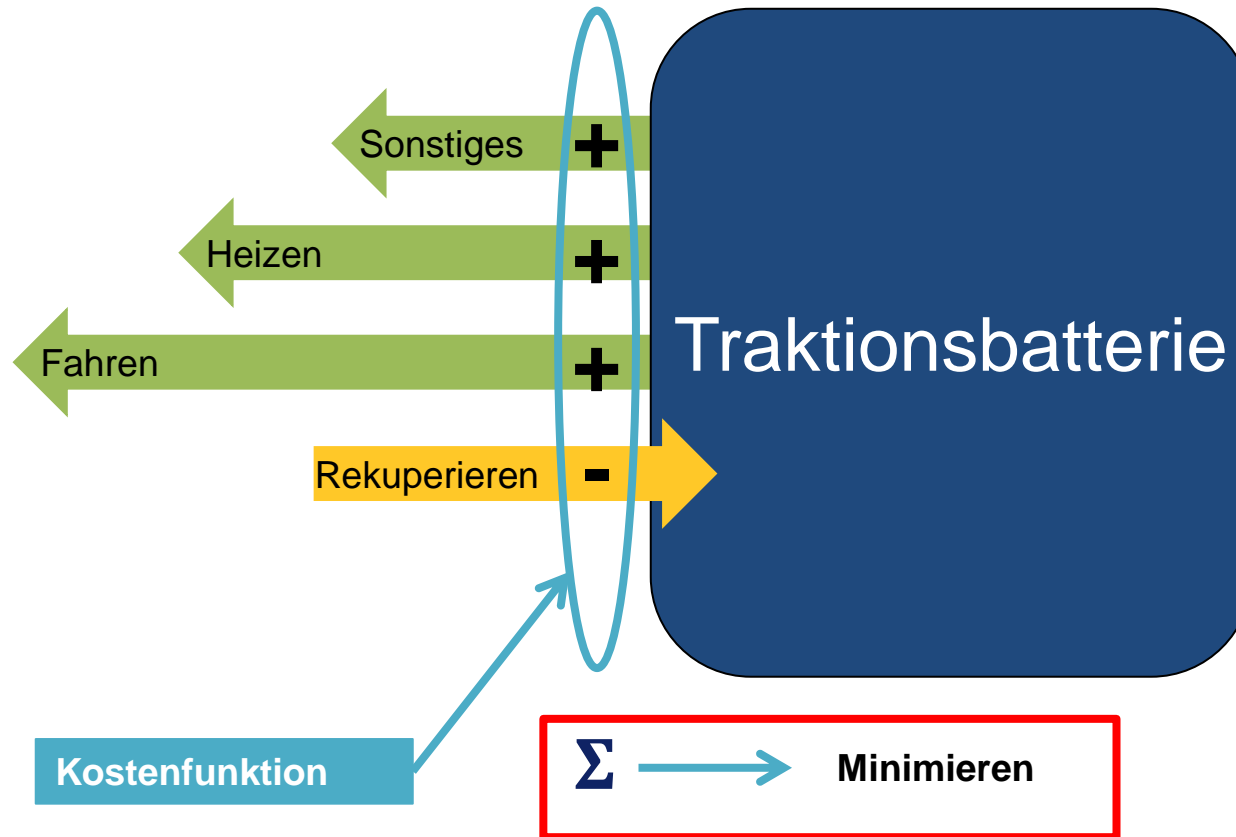
## Prädiktive Regelung





# Arbeitspaket 5

## Methode



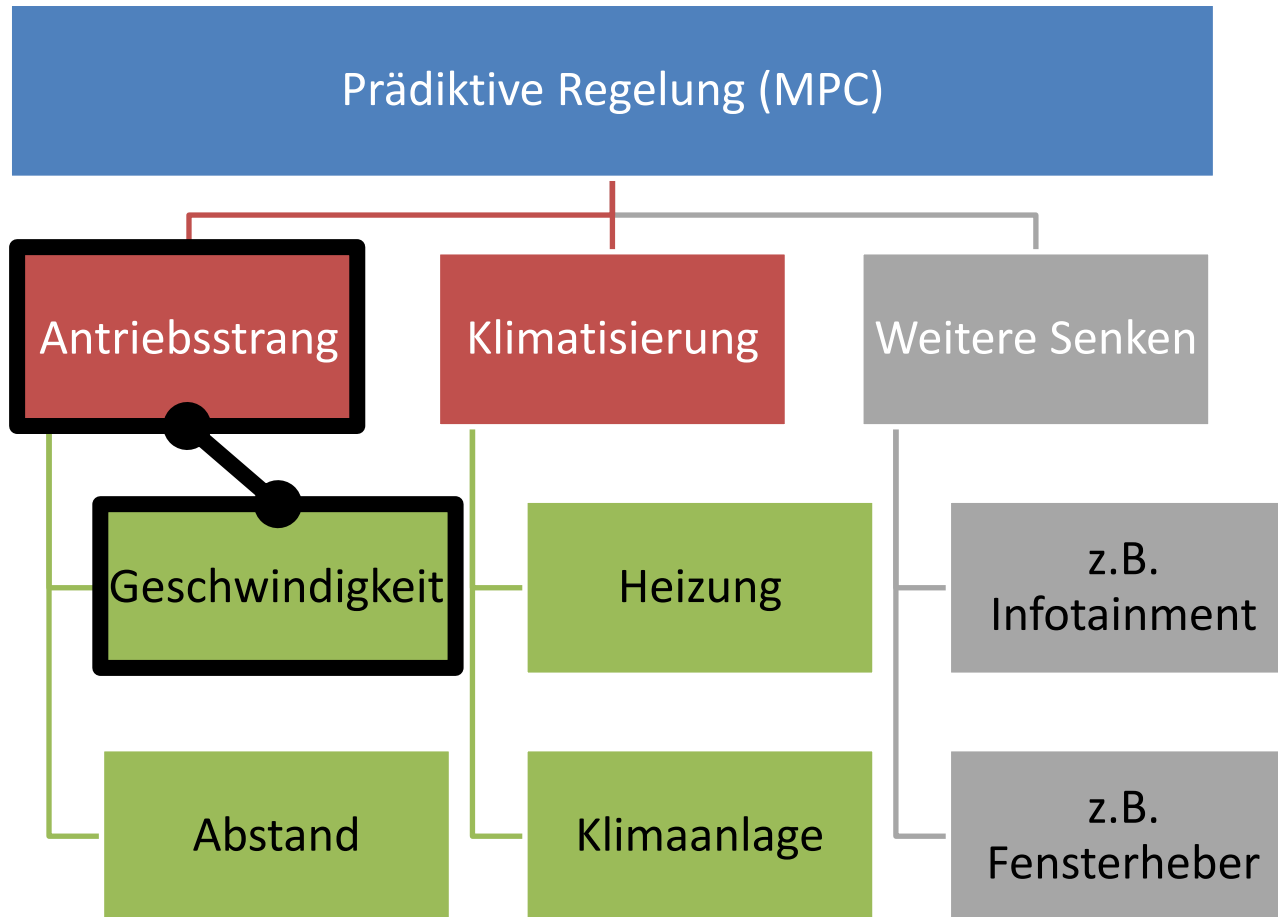
→ **Reduzierte Verlustleistung (Abwärme) der Batterie**

$$P_V = R \cdot I^2 \Leftrightarrow R \cdot (I_{\text{Antriebsstrang}} + I_{\text{Beheizung}} + I_{\text{Sonstige}})^2$$



# Arbeitspaket 5

## Methode

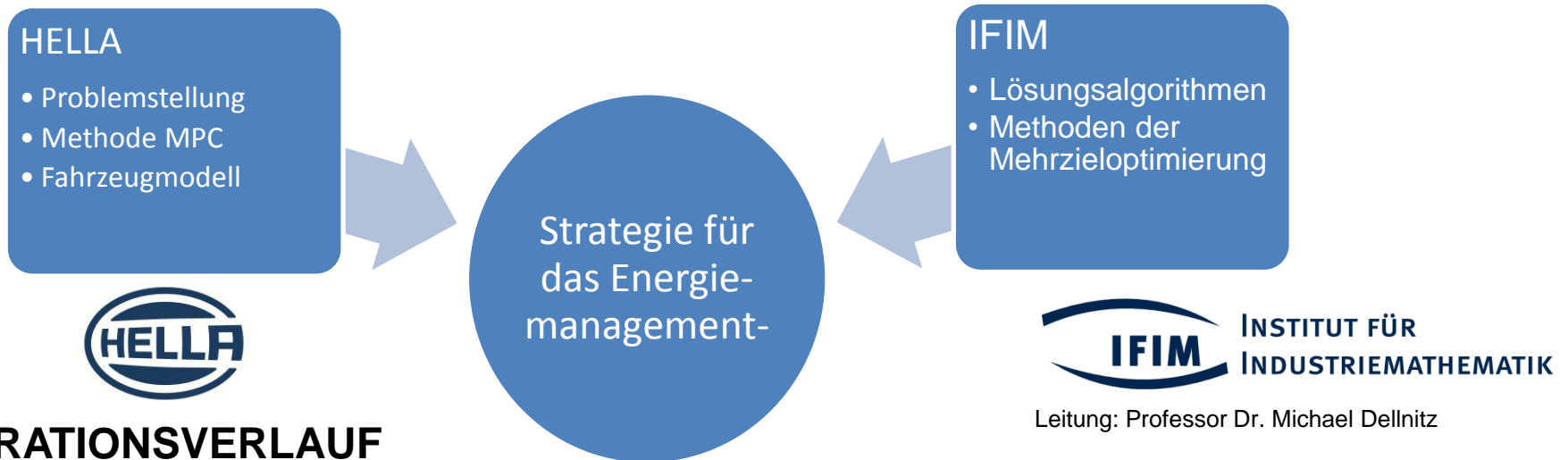


## Arbeitspaket 5

### Kooperation IFIM: Problemstellung und Methode

#### Partner innerhalb des CQPs: Institut für Industriemathematik

- Expertise: Mehrzieloptimierung und Algorithmik
- Kooperation in Rahmen des CQP, durch Auftragsforschung und Masterarbeit
- Optimierung des Geschwindigkeit über eine Strecke mit Topografiedaten
  - Mehrzieloptimierung: geringer Energieverbrauch vs. geringe Fahrtzeit
- Echtzeitfähigkeit und Leistungsfähigkeit von prädiktiven Regelungen bewerten
  - Vergleich: lineare MPC vs. nichtlineare MPC



#### KOOPERATIONSVERLAUF

Direkte Unterstützung im Rahmen des CQP → Auftragsforschung → Abschlussarbeiten

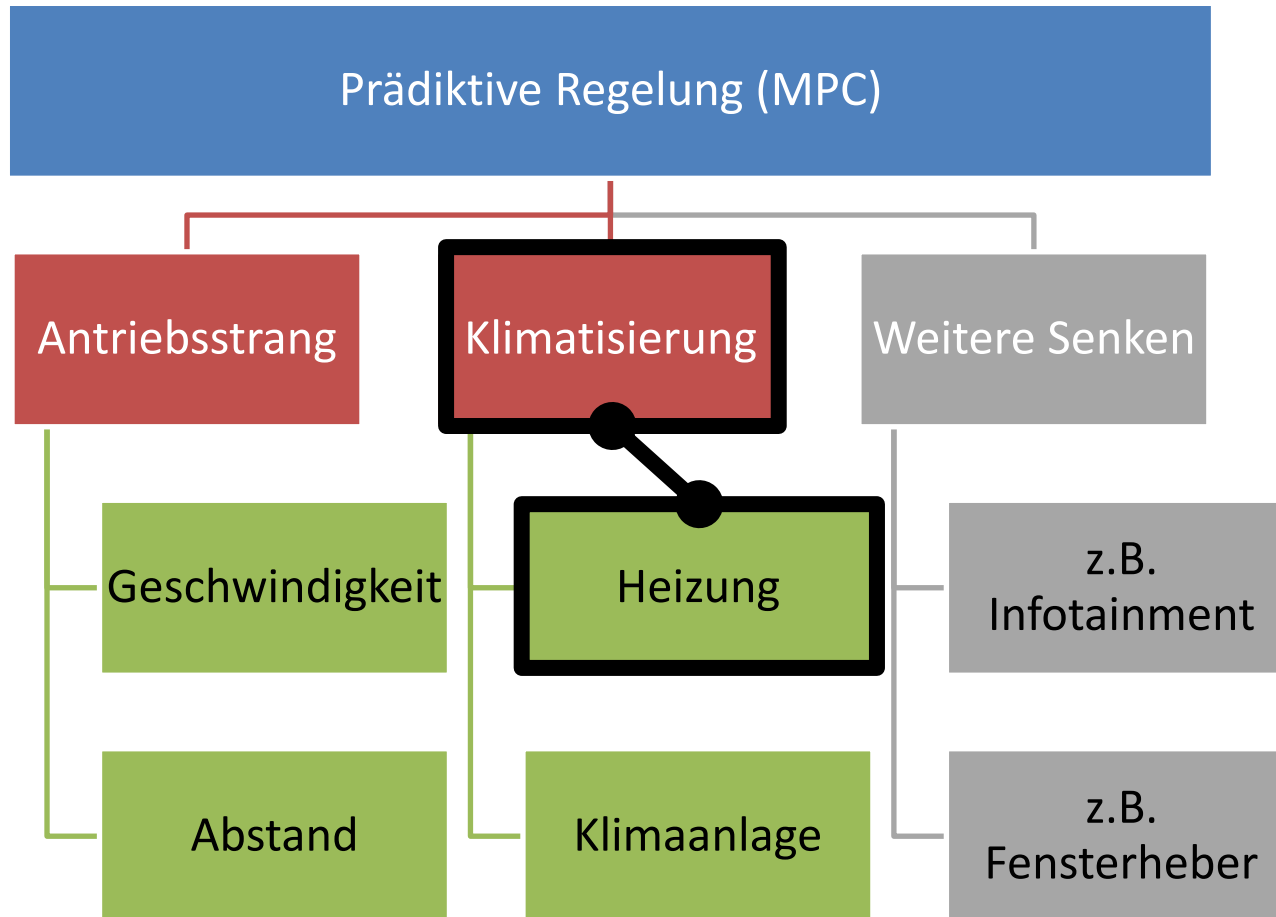
# Arbeitspaket 5

## Kooperation IFIM: Ergebnis

- **Mehrzieloptimierung für einen intelligenten Tempomat**
  - Anwendbarkeit von Fortsetzungsalgorithmen und Unterteilungsalgorithmen nachgewiesen
- **Nichtlineare prädiktive Regelung für die Längsdynamik**
  - Modelladaption und Problemformulierung für einen nichtlinearen Lösungsalgorithmus
  - Benchmark für die lineare prädiktive Regelung

## VERÖFFENTLICHUNGEN

- M. Dellnitz, J. Eckstein, K. Flaßkamp, P. Friedel, U. Köhler, S. Ober-Blöbaum, S. Peitz, "**Multiobjective Optimal Control Methods for the Development of an Intelligent Cruise Control**", in *European Conference on Mathematics for Industry ECMI*, 2014, pp. 1–7.
- M. Dellnitz, J. Eckstein, K. Flaßkamp, P. Friedel, C. Horenkamp, U. Köhler, S. Ober-Blöbaum, S. Peitz, S. Tiemeyer, "**Development of an Intelligent Cruise Control Using Optimal Control Methods**", in *International Conference on System-integrated Intelligence SysInt*, 2014, pp. 1–10.
- J. Eckstein, P. Friedel, K. Schäfer, S. Peitz, S. Ober-Blöbaum, M. Hessel-von Molo, M. Dellnitz, "**A comparison of two predictive approaches to control the longitudinal dynamics of electric vehicles**", submitted to *International Conference on System-integrated Intelligence SysInt*, 2016. (eingereicht)

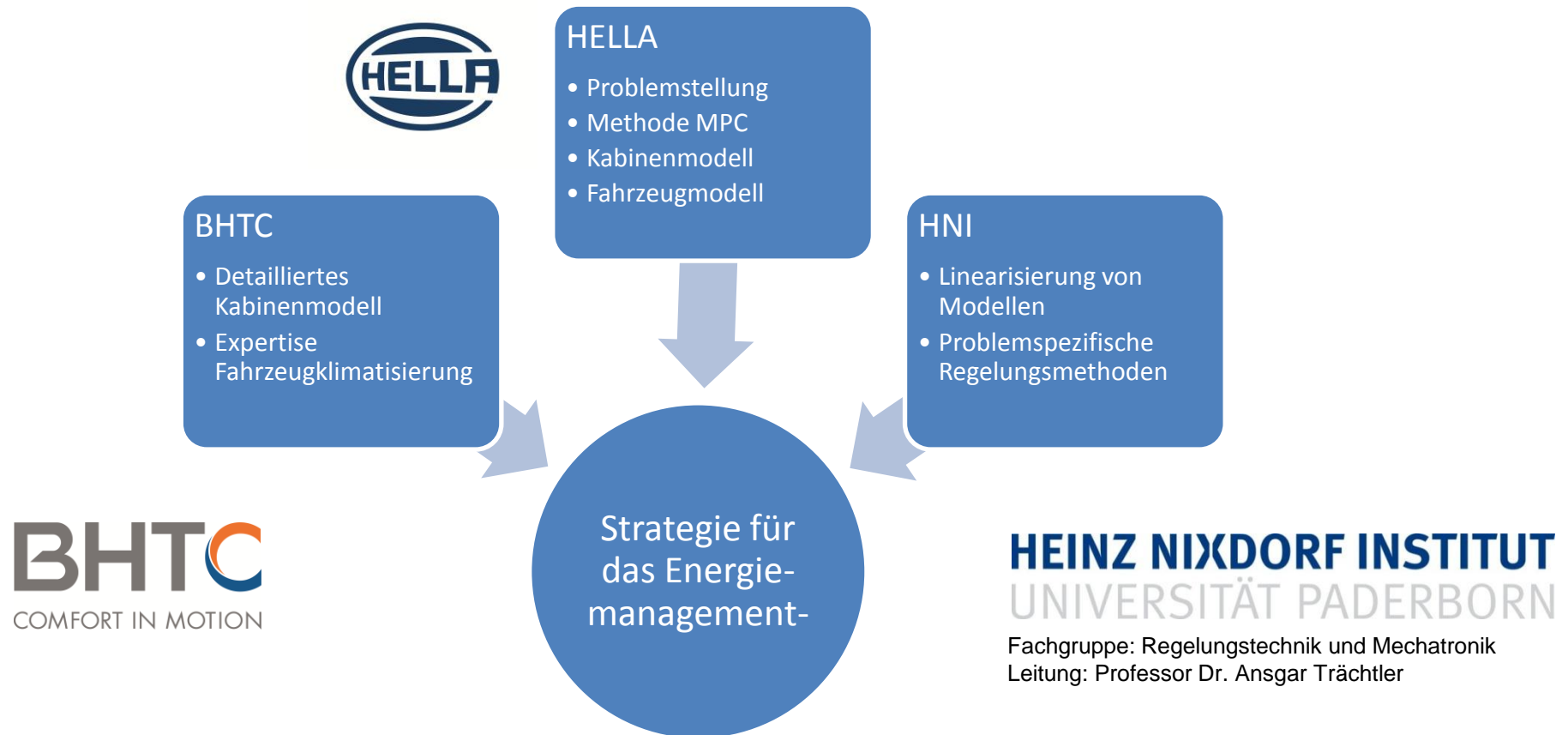


## Arbeitspaket 5

### Kooperation HNI: Problemstellung und Methode

#### Partner innerhalb des CQPs: Heinz Nixdorf Institut

- Expertise: Modellbildung und Regelung mechatronischer Systeme
- Kooperation im Rahmen einer Masterarbeit



# Arbeitspaket 5

## Kooperation IFIM: Ergebnis

- **Prädiktive Regelung für die Beheizung von Elektrofahrzeugen**
  - Verringerung der Batterielast
  - Reichweitensteigerung

## VERÖFFENTLICHUNGEN

- J. Eckstein, P. Friedel, F. Brunstein, C. Lüke, A. Trächtler  
, **“A novel approach using model predictive control to enhance the range of electric vehicles”**, submitted to *International Conference on System-integrated Intelligence SysInt*, 2016. (eingereicht)

# Arbeitspaket 5

## Fazit

- **Erfolgreiche Kooperation mit CQP Selbstoptimierung**
  - Neue Erkenntnisse und Lösungen
  - Hohe Qualität und Geschwindigkeit der Ergebnisse (→ Veröffentlichungen)
  - Vernetzung und Wissenstransfer innerhalb im Spitzencluster
- **Hauptsächlich genutzte Kooperationsvariante**
  - Gemeinsame Betreuung von Abschlussarbeiten
- **Vorteile Industrieunternehmen:**
  - Ansprechpartner und Expertise im Institut
  - Lösungsansätze für konkrete Problemstellungen
- **Vorteile Institut:**
  - Transfer der Institutsmethoden und -Verfahren in Unternehmen
  - Rückspiegelung von Bedarfen der Unternehmen in die Forschungsinstitute
  - Wissenschaftliche Veröffentlichungen mit Industriepartner
  - Anwendungsnahe Themen für studentische Arbeiten
- **Vorteile für Studenten:**
  - hohe Betreuungsgüte: zwei Betreuer
  - Horizonterweiterung: Industriesicht und Institutsarbeit



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



M.Sc.  
Julian Eckstein

Advanced Engineering Electronics  
E-AET1

Tel. +49 2941 38-8565  
Fax +49 2941 38-478565  
julian.eckstein@hella.com

HELLA KGaA Hueck & Co.  
Beckumer Straße 130  
59552 Lippstadt/Deutschland