

# Vorlesung Automotive Software Engineering Teil 8-1 Beispiele aus der Praxis

TU Dresden, Fakultät Informatik

Sommersemester 2012

Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Hohlfeld

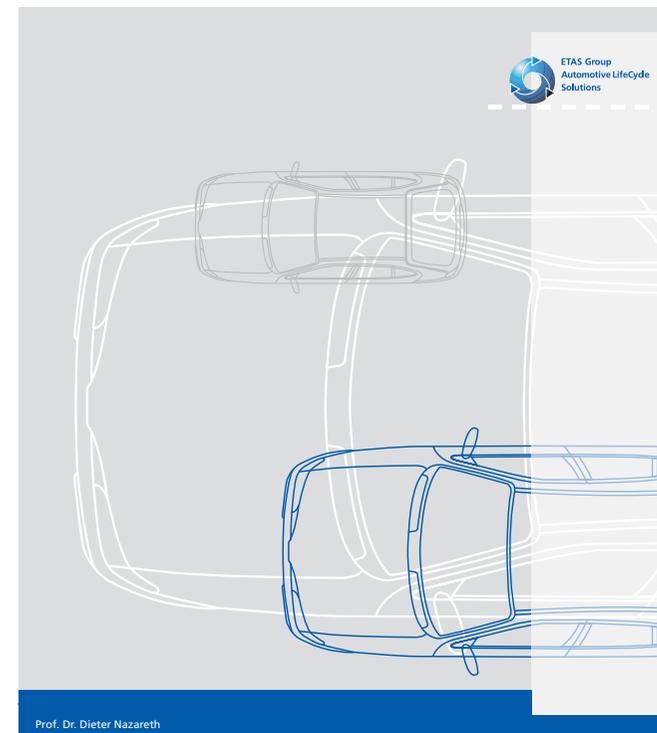
[bernhard.hohlfeld@daad-alumni.de](mailto:bernhard.hohlfeld@daad-alumni.de)

<b>Motivation und Überblick</b>		
<b>Beispiele aus der Praxis</b>	<b>SW-Entwicklung</b>	<b>Normen und Standards</b>
	<b>E/E-Entwicklung</b>	
	<b>Das Automobil</b>	
	<b>Die Automobilherstellung</b>	
	<b>Die Automobilbranche</b>	



**ETAS**

Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug  
in einer Rapid Prototyping-Umgebung



## Lernziele

### Beispiele aus der Praxis



- Das Gelernte an einem praxisnahen Beispiel wieder erkennen und vertiefen.

## Beispiele aus der Praxis



1. Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung

Quelle

[http://www.etas.com/de/products/download\\_center.php](http://www.etas.com/de/products/download_center.php)  
[http://www.etas.com/de/products/download\\_center.php?entrylist=13992](http://www.etas.com/de/products/download_center.php?entrylist=13992)



ETAS

Sprache  +Los Schnellzugriff  +Los Suche  +Los

ETAS-Produkte

ETAS Group

- Produktsuche
- Anwendungen & Lösungen
- **Download Center**
- Support Center
- Engineering-Dienstleistungen

→ Ausgewählte Veröffentlichungen



Produktfamilie / Kategorie	Produkt / Thema	Typ	Titel	Datum
<input type="text" value="alle"/>	<input type="text" value="alle"/>	<input type="text" value="alle"/>	<input type="text" value="+Los"/>	
INTECRIO, INCA, ES900, ASCET	INTECRIO, INCA V6.2, INCA V6.1, INCA V6, ES910, ASCET	Flyer / Broschüre / White Paper	<a href="#">Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung</a>	06.07.2010
ASCET	ASCET	Hotfix	<a href="#">ASCET V5.1.4 Hotfix 21 DETECT</a>	05.07.2010
ASCET	ASCET-SCM	Hotfix	<a href="#">ASCET-SCM V6.0.1 Hotfix 4</a>	05.07.2010
ETAS-Downloads	DTB	Flyer / Broschüre / White Paper	<a href="#">Diagnostic Tree Builder (DTB) Flyer</a>	02.07.2010
INCA, ES700	INCA V6.2, ES710/ES715	Refresh/Update	<a href="#">ES710/ES715 Software V6.2.1 Service Pack 4</a>	01.07.2010
ASCET	ASCET	Hotfix	<a href="#">ASCET V6.0.1 Hotfix 10</a>	24.06.2010
ASCET	ASCET	Hotfix	<a href="#">ASCET V6.0.1 Hotfix 11</a>	24.06.2010
ASCET	ASCET	Hotfix	<a href="#">ASCET V6.0.1 Hotfix 12</a>	24.06.2010
ASCET	ASCET	Hotfix	<a href="#">ASCET V6.0.1 Hotfix 9</a>	24.06.2010
ASCET	ASCET	Bekannte Probleme und Beispiele	<a href="#">Known Issue Report ASCET</a>	24.06.2010
INCA	CalIAV	Flyer / Broschüre / White Paper	<a href="#">Geführte und automatisierte Applikation von Motorsteuergeräten mit dem Werkzeug CalIAV®</a>	19.06.2010

948 Dokumente

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 weiter >>

HOME PROJEKT AKTUELLES PRESSE TEAM PARTNER KNOWLEDGE IMPRESSUM



## HYBRIDANTRIEB FÜR ALLRADFAHRZEUG IM PREMIUMSEGMENT

PROJEKTARBEIT DER HOCHSCHULE LANDSHUT

Fakultät Maschinenbau unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing Prexler



# Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung



## 1. Einleitung

## 2. Das Fahrzeug

## 3. Die Bordnetz-Architektur

## 4. Funktionsentwicklung mit ASCET

### 1. Fahrpedal-Logik

### 2. Berechnung des maximalen Drehmoments

### 3. Drehmomentverteilung

### 4. Drehmomentanstiegsbegrenzung

### 5. Funktionsmodellierung

## 5. Die Erprobung

### 1. Offline-Simulation

### 2. Rapid Prototyping

## 6. Höhere Antriebsfunktion

## 7. Fazit

## 8. Abkürzungsverzeichnis

Quelle: [http://www.etas.com/de/products/download\\_center.php?entrylist=13992](http://www.etas.com/de/products/download_center.php?entrylist=13992)

# Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung



## **1. Einleitung**

### 2. Das Fahrzeug

### 3. Die Bordnetz-Architektur

### 4. Funktionsentwicklung mit ASCET

#### 1. Fahrpedal-Logik

#### 2. Berechnung des maximalen Drehmoments

#### 3. Drehmomentverteilung

#### 4. Drehmomentanstiegsbegrenzung

#### 5. Funktionsmodellierung

### 5. Die Erprobung

#### 1. Offline-Simulation

#### 2. Rapid Prototyping

### 6. Höhere Antriebsfunktion

### 7. Fazit

### 8. Abkürzungsverzeichnis

- **Hybride Antriebe** für Kraftfahrzeuge sind in aller Munde. Alle Automobilhersteller und viele Zulieferer arbeiten an entsprechenden Konzepten und Komponenten. Um die Studenten praxisnah an diesen aktuellen Themen auszubilden, hatte der Maschinenbauprofessor Dr. Prexler die Idee, mit Studenten in drei Semestern einen fahrbaren **Prototyp mit Hybridantrieb** zu entwickeln. In einem **Gemeinschaftsprojekt der Fakultäten Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik** der Hochschule Landshut ist es gelungen, in nur 18 Monaten einen **fahrbereiten seriellen Plug-in-Hybrid** mit dem Namen „MBL ex-drive“ zu entwickeln.



Serieller Plug-in-Hybrid auf Basis eines BMW X5

# Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung



1. Einleitung

**2. Das Fahrzeug**

3. Die Bordnetz-Architektur

4. Funktionsentwicklung mit ASCET

1. Fahrpedal-Logik

2. Berechnung des maximalen Drehmoments

3. Drehmomentverteilung

4. Drehmomentanstiegsbegrenzung

5. Funktionsmodellierung

**5. Die Erprobung**

1. Offline-Simulation

2. Rapid Prototyping

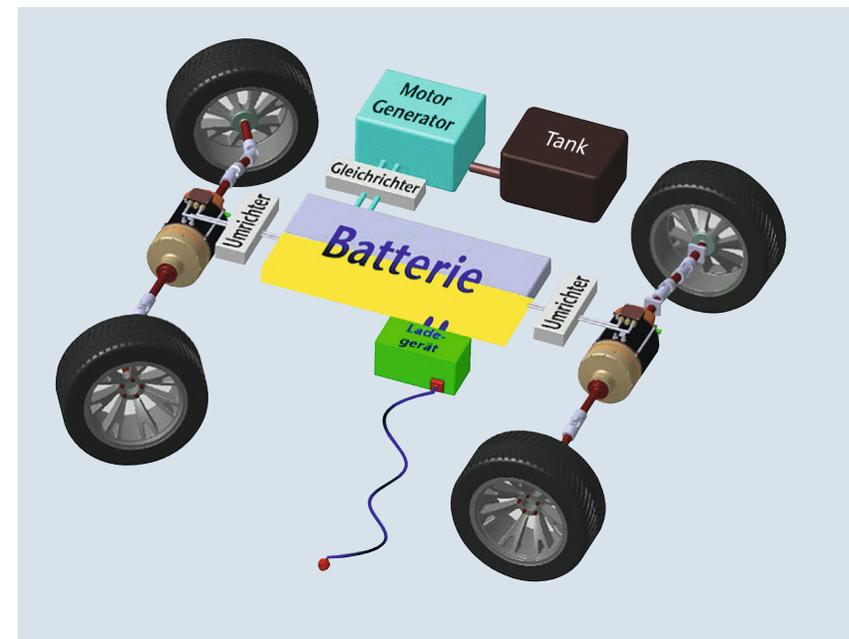
6. Höhere Antriebsfunktion

7. Fazit

8. Abkürzungsverzeichnis

## Das Fahrzeug (1)

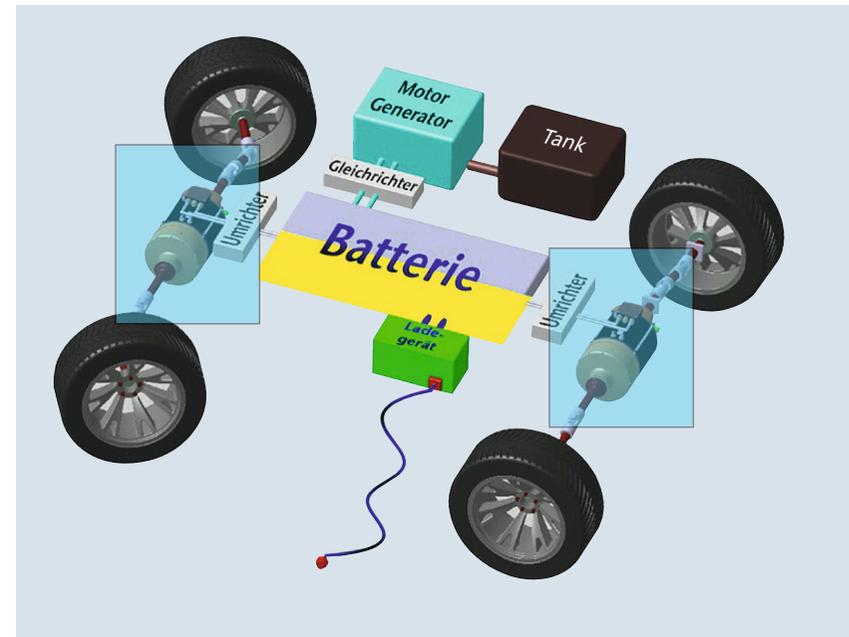
- Basisfahrzeug war ein von der BMW AG zur Verfügung gestellter **BMW X5**. Aus diesem Fahrzeug wurde der **gesamte konventionelle Antriebsstrang** entfernt. Als Antrieb dienen nun zwei in den beiden Achsen verbaute Elektromotoren. Damit steht, wie im ursprünglichen Basisfahrzeug, ein **Allradantrieb** zur Verfügung.



Komponenten des Hybridantriebs

## Das Fahrzeug (1) - Elektromotoren

- Basisfahrzeug war ein von der BMW AG zur Verfügung gestellter **BMW X5**. Aus diesem Fahrzeug wurde der **gesamte konventionelle Antriebsstrang** entfernt. Als **Antrieb dienen nun zwei in den beiden Achsen verbaute Elektromotoren**. Damit steht, wie im ursprünglichen Basisfahrzeug, ein **Allradantrieb** zur Verfügung.



Komponenten des Hybridantriebs

## Das Fahrzeug (2) - Batterien



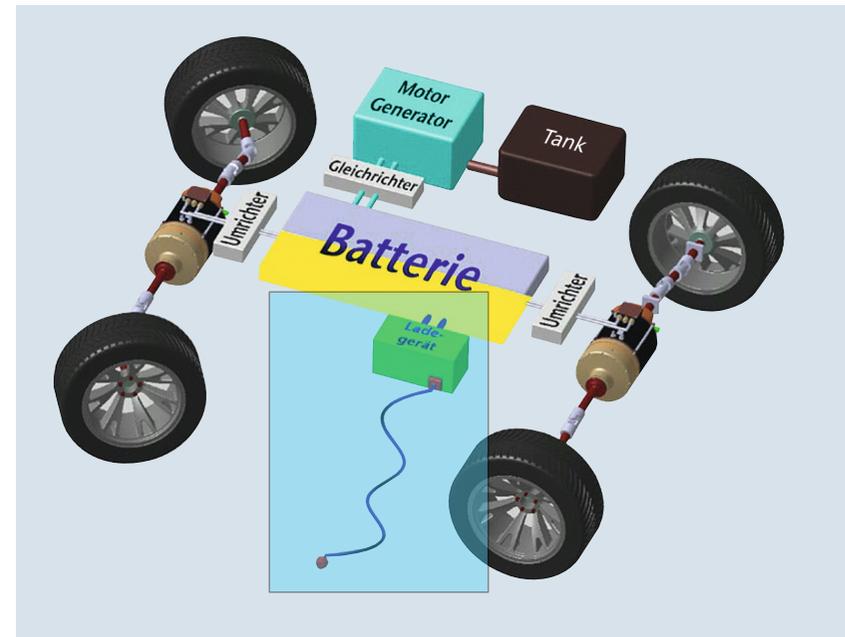
- Die dritte Sitzreihe des X5 musste den **Lithium-Ionen-Batterien** weichen, die zusammen eine Spannung von **400 V** liefern. Aufgeladen werden die Batterien bequem über eine normale 230 V Steckdose (Plug-in-Hybrid). Die bei einem konventionellen Antrieb **verlorene Bremsenergie** wird beim X5 Hybrid durch die so genannte **Rekuperation** zurückgewonnen und wieder in der Batterie gespeichert. Die **Kapazität der Batterien** bietet dadurch eine **Reichweite von bis zu 100 km**.



Einbau der Lithium-Ionen-Batterien im Heck

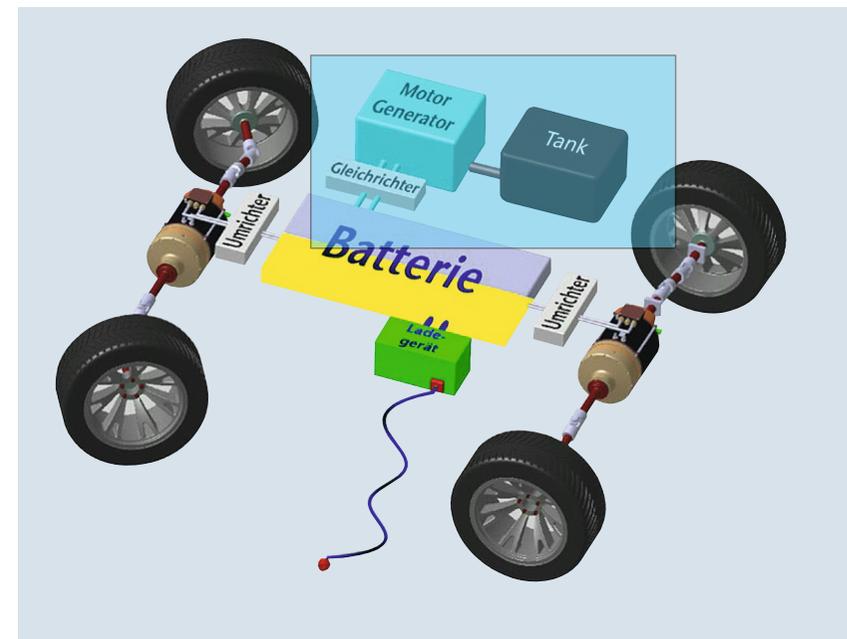
## Das Fahrzeug (3) - Aufladen der Batterien

- Die dritte Sitzreihe des X5 musste den **Lithium-Ionen-Batterien** weichen, die zusammen eine Spannung von **400 V** liefern. **Aufgeladen werden die Batterien bequem über eine normale 230 V Steckdose (Plug-in-Hybrid)**. Die bei einem konventionellen Antrieb **verlorene Bremsenergie** wird beim X5 Hybrid durch die so genannte **Rekuperation** zurückgewonnen und wieder in der Batterie gespeichert. Die **Kapazität der Batterien** bietet dadurch eine **Reichweite von bis zu 100 km**.



Komponenten des Hybridantriebs

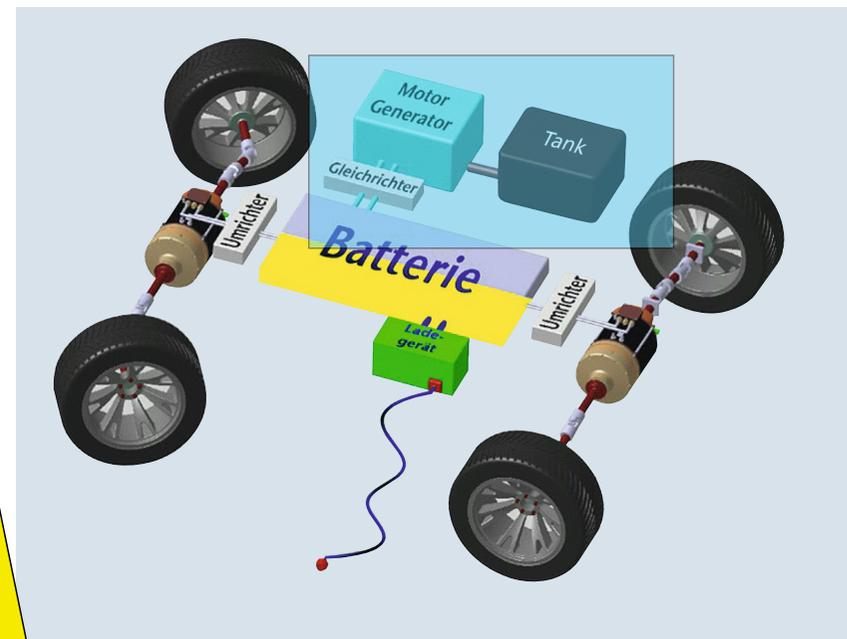
- Über einen **Range Extender** kann die Reichweite jedoch deutlich erhöht werden. Ein **Dieselmotor treibt dabei einen Generator an, der die Batterie während der Fahrt auflädt.** Der Dieselmotor stammt ursprünglich aus einem **Notstromaggregat** und wird stationär im verbrauchsoptimalen Betriebspunkt betrieben. Diese Art von Hybrid wird als **serieller Hybrid** bezeichnet. Die Komplexität ist gegenüber einem **parallelen Hybrid**, bei dem zwei Antriebsarten verwendet werden, deutlich geringer.



Komponenten des Hybridantriebs

## Das Fahrzeug (4) - Range Extender

- Über einen **Range Extender** kann die Reichweite jedoch deutlich erhöht werden. Ein **Dieselmotor treibt dabei einen Generator an, der die Batterie während der Fahrt auflädt.** Der Dieselmotor stammt ursprünglich aus einem **Notstromaggregat** und wird stationär im verbrauchsoptimalen Betriebspunkt betrieben. Diese Art von Hybrid wird als **serieller Hybrid** bezeichnet. Die Komplexität ist gegenüber einer **parallelen Hybrid**, bei dem zwei Antriebsarten verwendet werden, deutlich geringer.



...ten des Hybridantriebs

**Notstromaggregat**

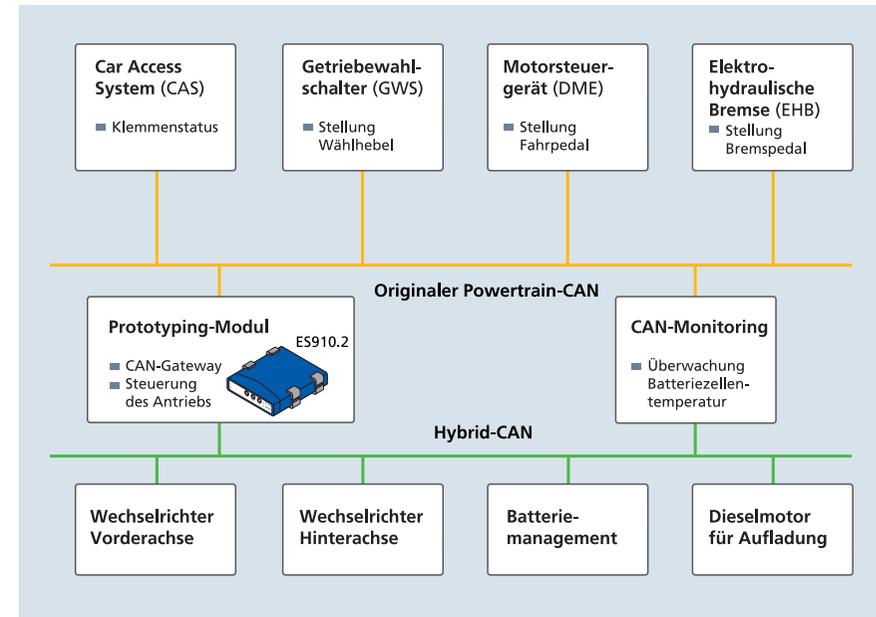
# Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung



1. Einleitung
2. Das Fahrzeug
- 3. Die Bordnetz-Architektur**
4. Funktionsentwicklung mit ASCET
  1. Fahrpedal-Logik
  2. Berechnung des maximalen Drehmoments
  3. Drehmomentverteilung
  4. Drehmomentanstiegsbegrenzung
  5. Funktionsmodellierung
5. Die Erprobung
  1. Offline-Simulation
  2. Rapid Prototyping
6. Höhere Antriebsfunktion
7. Fazit
8. Abkürzungsverzeichnis

## Die Bordnetz-Architektur (1)

- Nicht nur der **Antriebsstrang** des X5 wurde modifiziert, auch beim **Bordnetz** des Fahrzeugs gab es Änderungen. Um so wenig wie möglich in das bestehende Bordnetz eingreifen zu müssen, wurden für die neuen Hybridfunktionen ein weiterer CAN-Bus, der Hybrid-CAN, hinzugefügt. An diesem neuen Bus sind die beiden Wechselrichter (DMC) angeschlossen, welche die Elektroantriebe mit Wechselspannung versorgen.

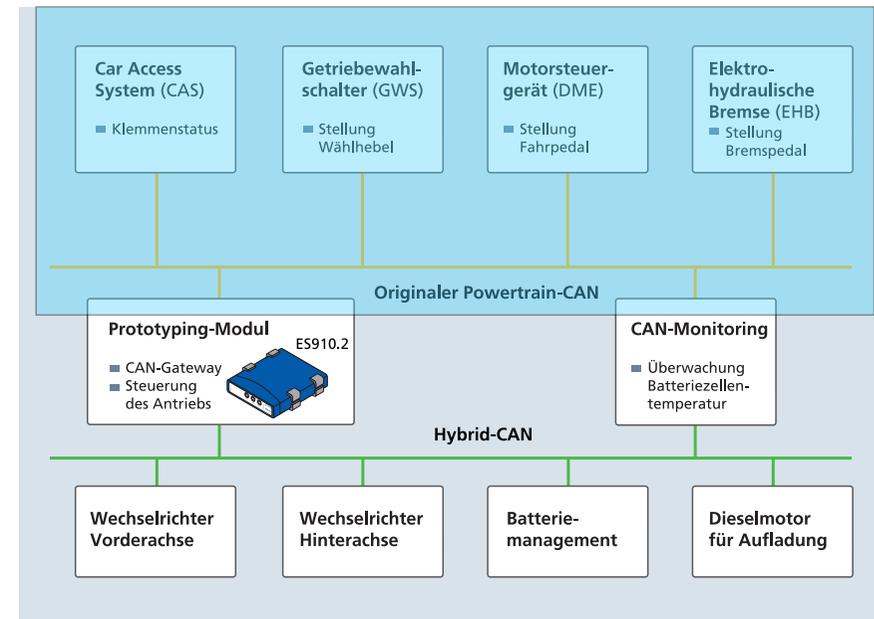


CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (1)



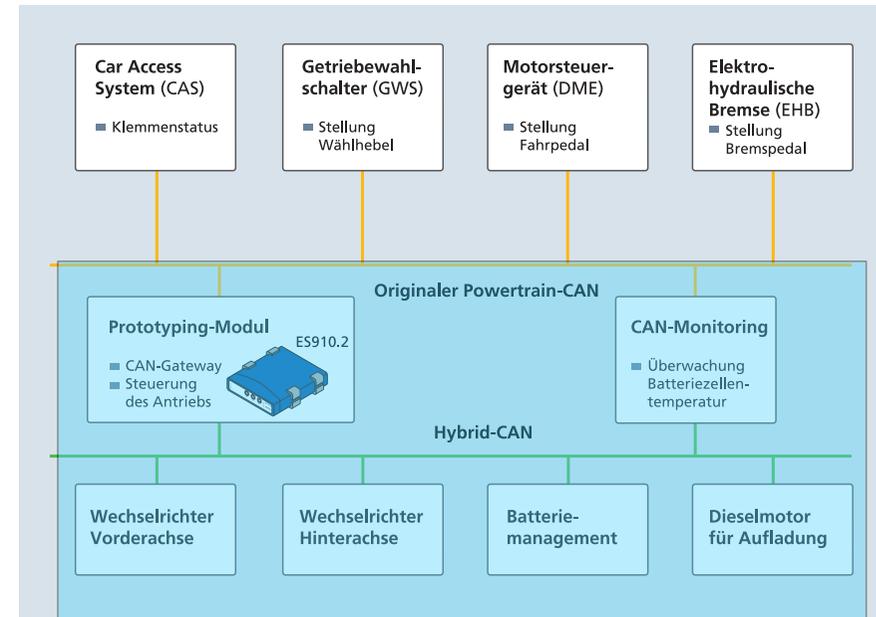
- Nicht nur der **Antriebsstrang** des X5 wurde modifiziert, auch beim **Bordnetz** des Fahrzeugs gab es Änderungen. Um so wenig wie möglich in das bestehende **Bordnetz** eingreifen zu müssen, wurden für die neuen Hybridfunktionen ein weiterer CAN-Bus, der Hybrid-CAN, hinzugefügt. An diesem neuen Bus sind die beiden Wechselrichter (DMC) angeschlossen, welche die Elektroantriebe mit Wechselspannung versorgen.



CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (1)

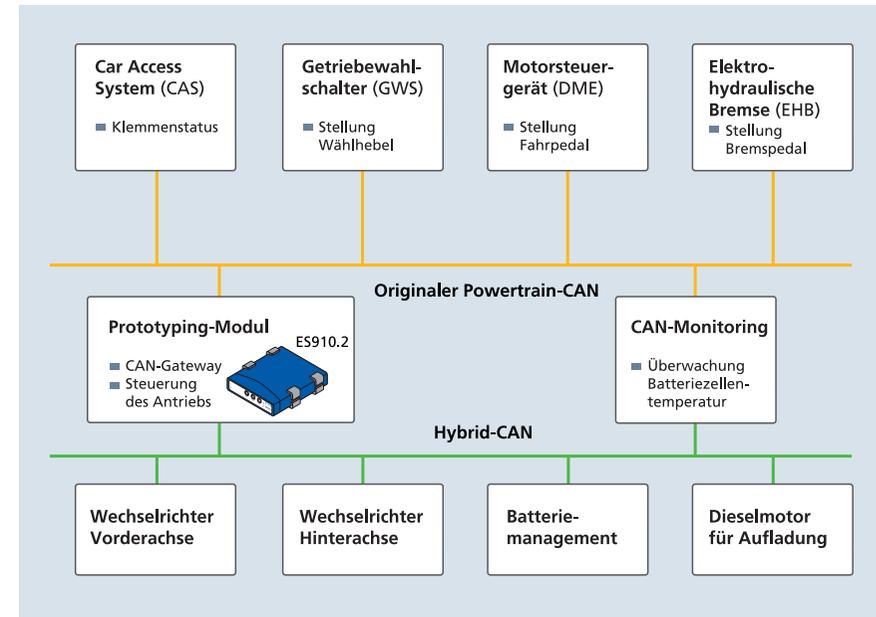
- Nicht nur der **Antriebsstrang** des X5 wurde modifiziert, auch beim **Bordnetz** des Fahrzeugs gab es Änderungen. Um so wenig wie möglich in das bestehende Bordnetz eingreifen zu müssen, wurden für die neuen Hybridfunktionen ein weiterer CAN-Bus, der **Hybrid-CAN**, hinzugefügt. An diesem neuen Bus sind die beiden Wechselrichter (DMC) angeschlossen, welche die Elektroantriebe mit Wechselspannung versorgen.



CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (2)

- Das Original-Motorsteuergerät (DME) verbleibt im Fahrzeug, ist aber nun lediglich für das Einlesen der Fahrpedalstellung zuständig. Als Steuergerät für die neuen Hybridfunktionen wird ein Rapid Prototyping-Modul ES910 verwendet, das gleichzeitig als Gateway zwischen dem originalen Powertrain-CAN und dem Hybrid-CAN dient. Die ES910 übernimmt ferner die Bus-Kommunikation des entfernten Getriebesteuergeräts. Damit ist es möglich, über ein kompaktes Modul, das im Beifahrerfußraum verbaut werden konnte, alle Funktionen in Echtzeit auszuführen.

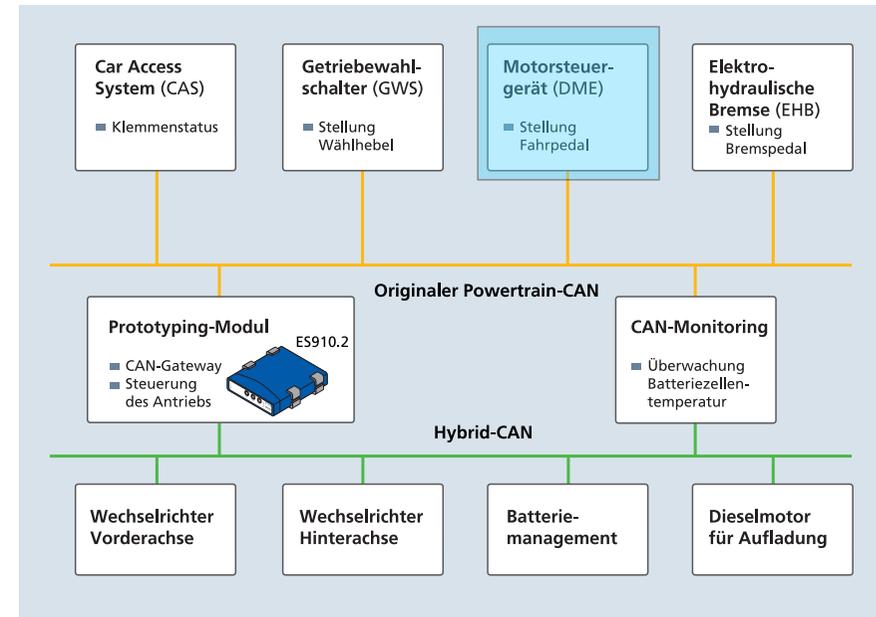


## CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (2)



- Das Original-Motorsteuergerät (**DME**) verbleibt im Fahrzeug, ist aber nun lediglich für das Einlesen der Fahrpedalstellung zuständig. Als Steuergerät für die neuen Hybridfunktionen wird ein Rapid Prototyping-Modul ES910 verwendet, das gleichzeitig als Gateway zwischen dem originalen Powertrain-CAN und dem Hybrid-CAN dient. Die ES910 übernimmt ferner die Bus-Kommunikation des entfernten Getriebesteuergeräts. Damit ist es möglich, über ein kompaktes Modul, das im Beifahrerfußraum verbaut werden konnte, alle Funktionen in Echtzeit auszuführen.



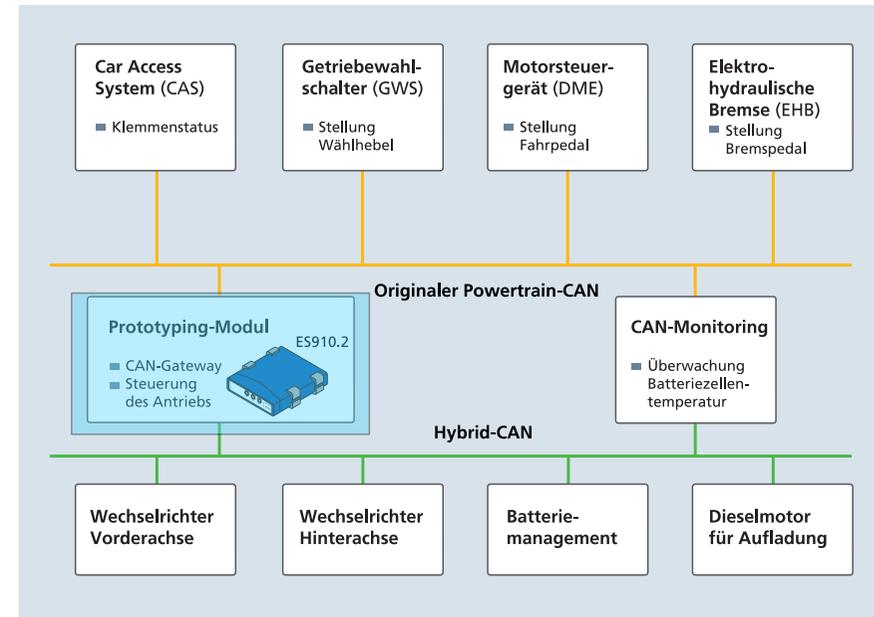
### CAN-Bus-Architektur

#### DME

Digitale Motorelektrik  
Konventionelles  
Motorsteuergerät des  
BMW X5.

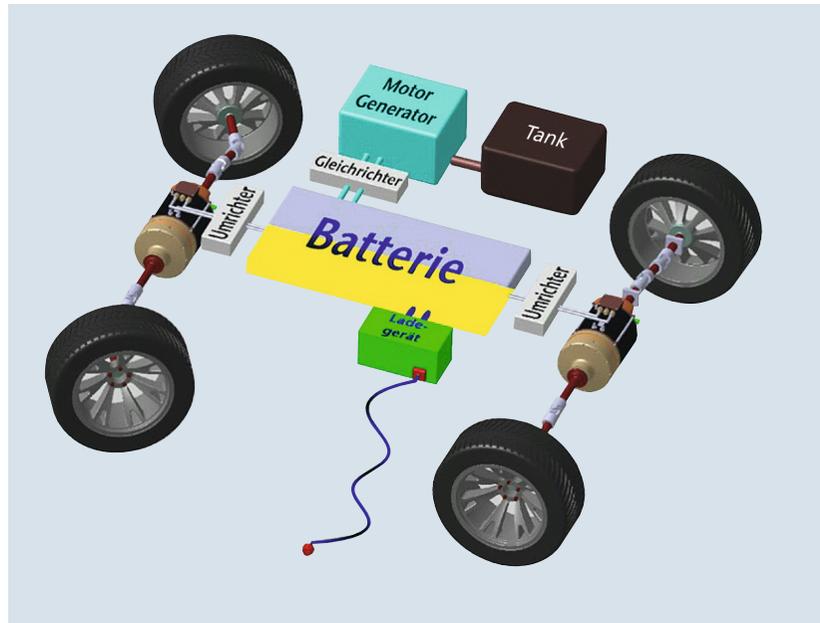
## Die Bordnetz-Architektur (2)

- Das Original-Motorsteuergerät (DME) verbleibt im Fahrzeug, ist aber nun lediglich für das Einlesen der Fahrpedalstellung zuständig. Als Steuergerät für die neuen Hybridfunktionen wird ein Rapid Prototyping-Modul **ES910** verwendet, das gleichzeitig als **Gateway** zwischen dem originalen Powertrain-CAN und dem Hybrid-CAN dient. Die ES910 übernimmt ferner die Bus-Kommunikation des entfernten **Getriebesteuergeräts**. Damit ist es möglich, über ein kompaktes Modul, das im **Beifahrerfußraum** verbaut werden konnte, alle Funktionen in Echtzeit auszuführen.

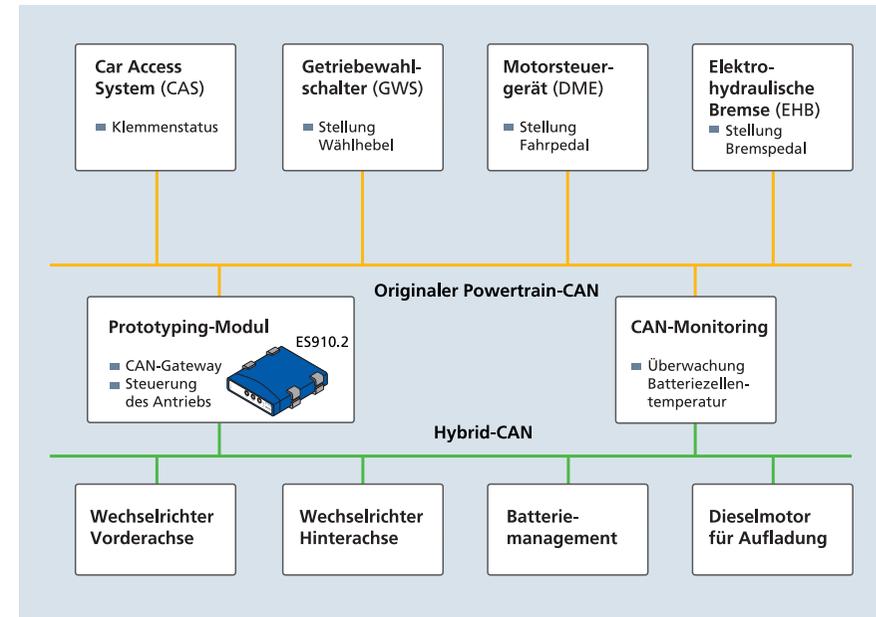


CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (3)

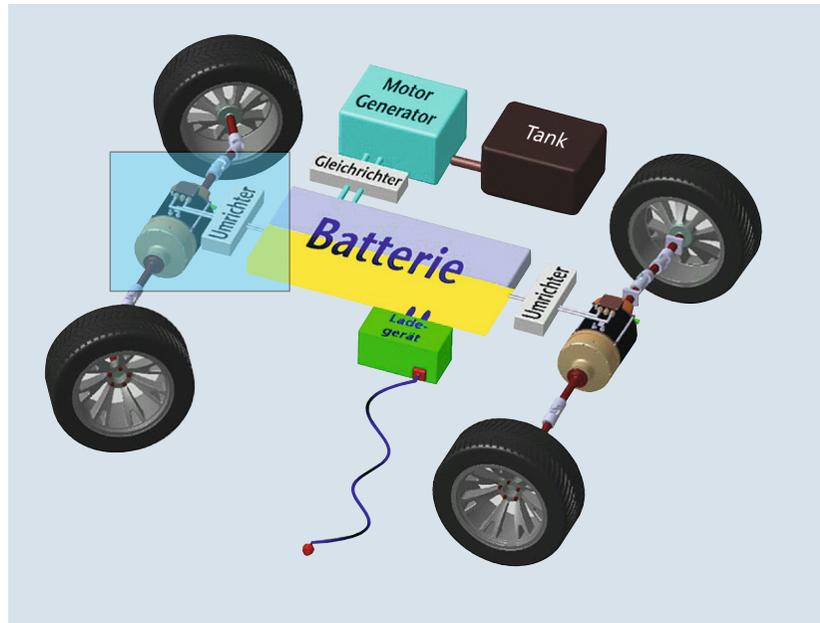


Komponenten des Hybridantriebs

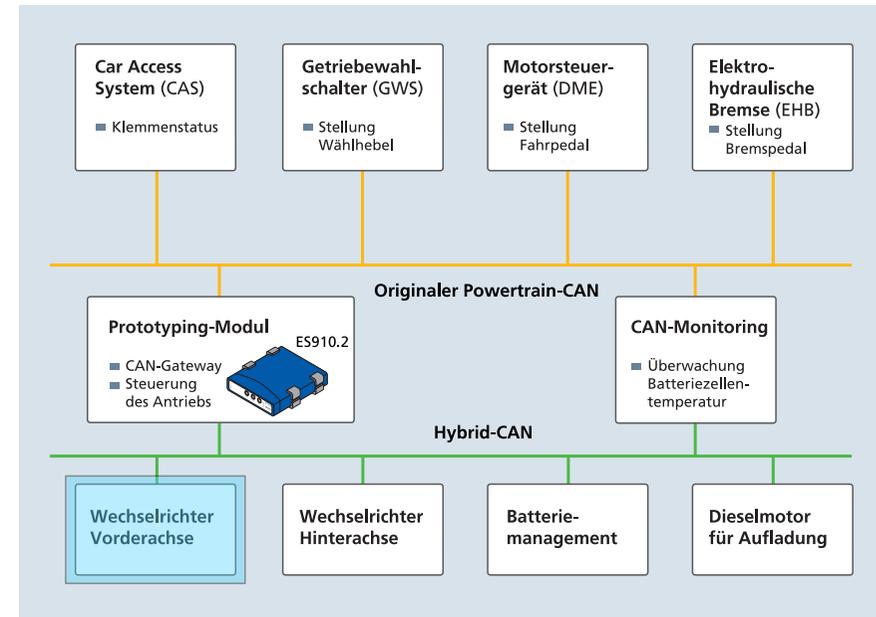


CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (3)

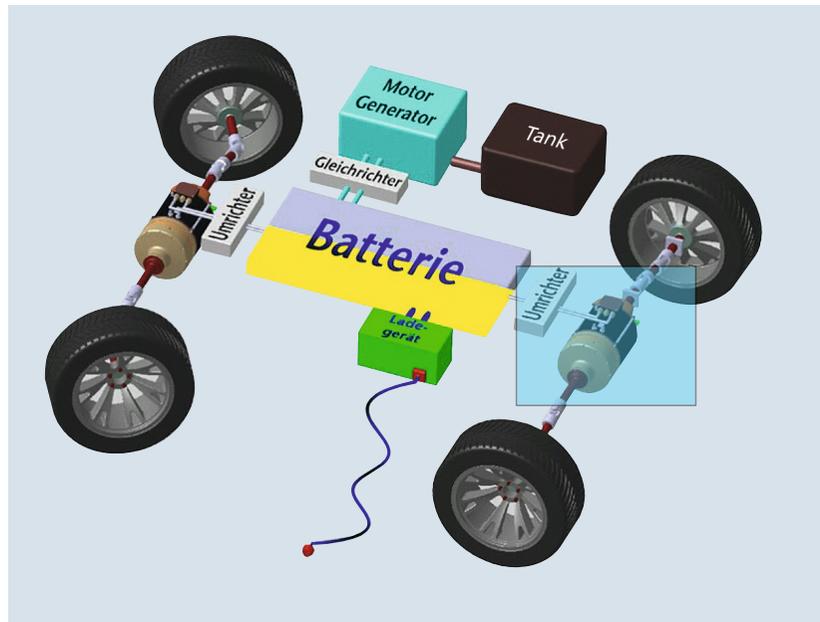


Komponenten des Hybridantriebs

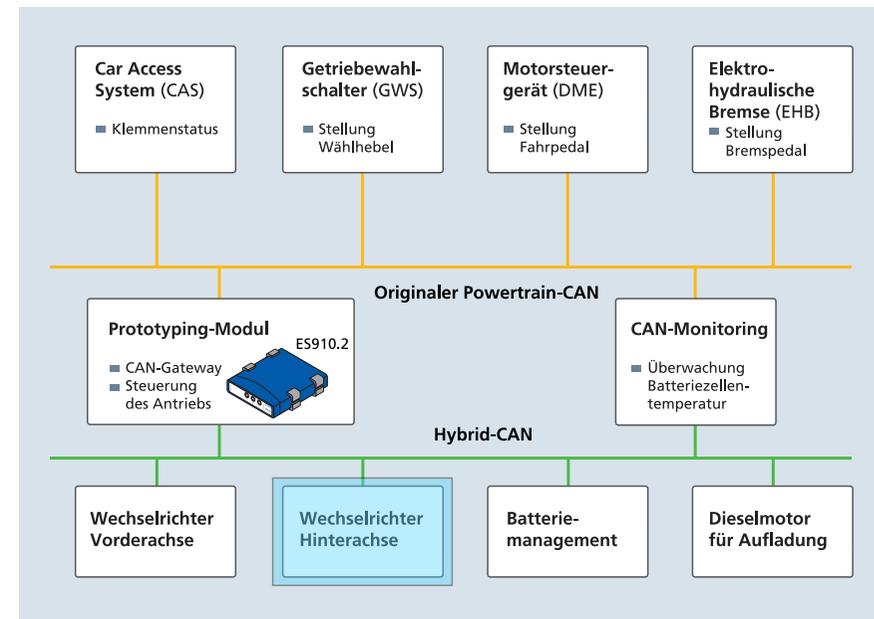


CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (3)

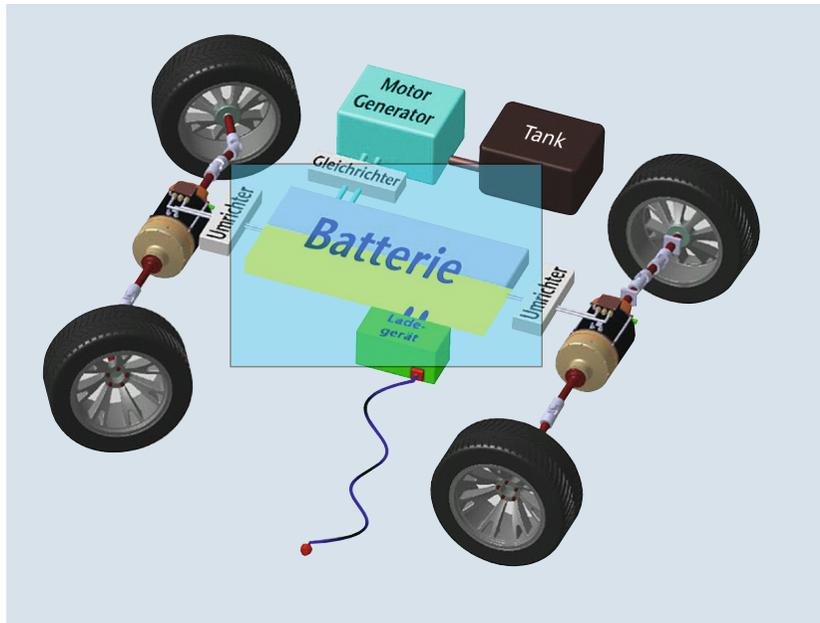


Komponenten des Hybridantriebs

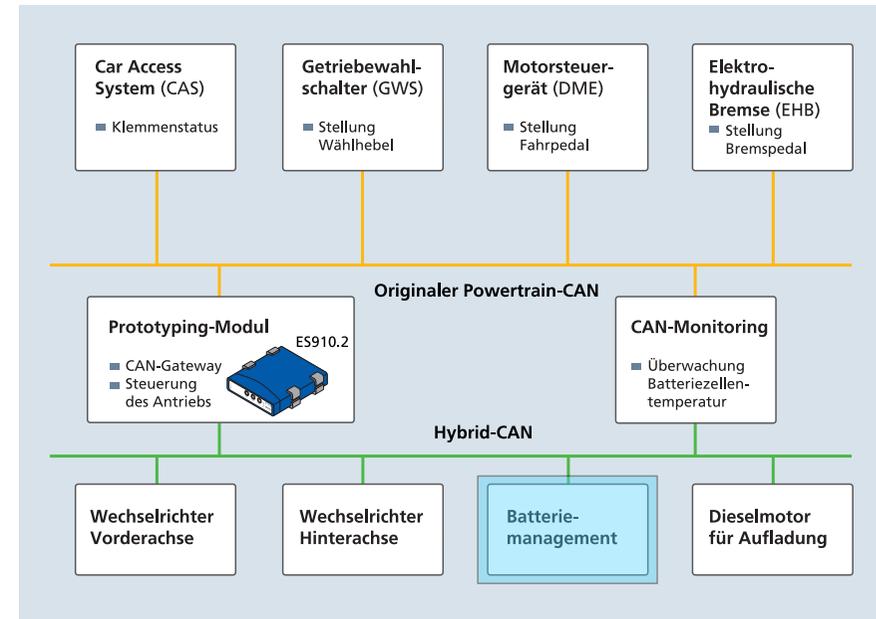


CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (3)

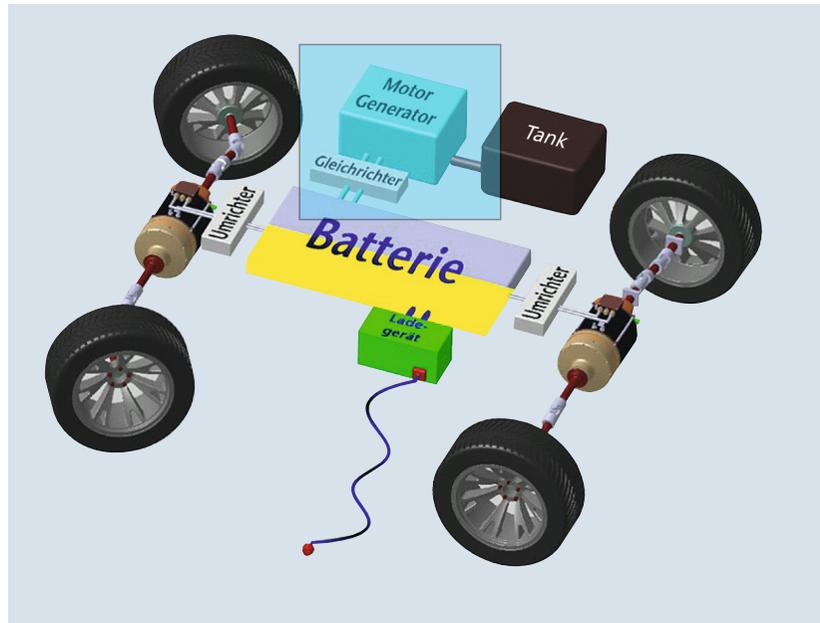


Komponenten des Hybridantriebs

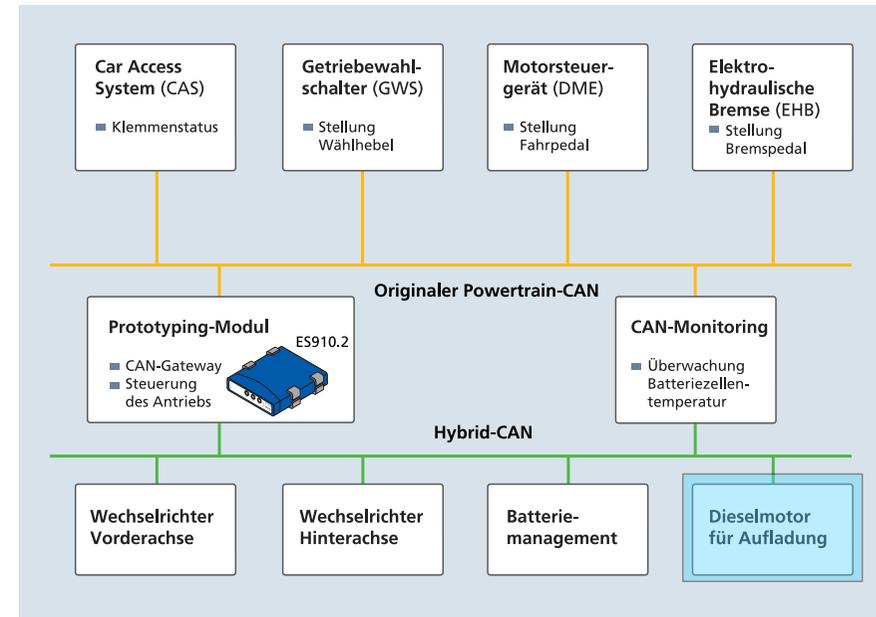


CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (3)

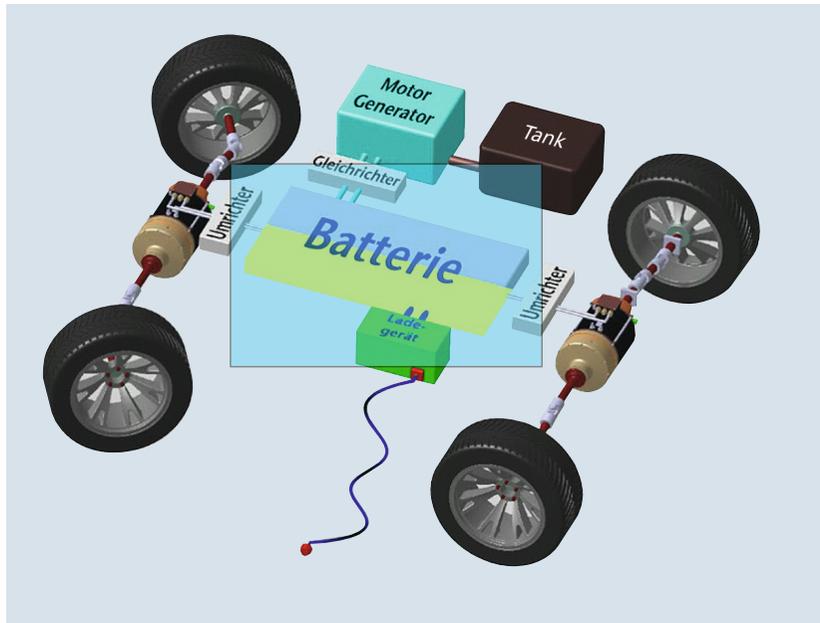


Komponenten des Hybridantriebs

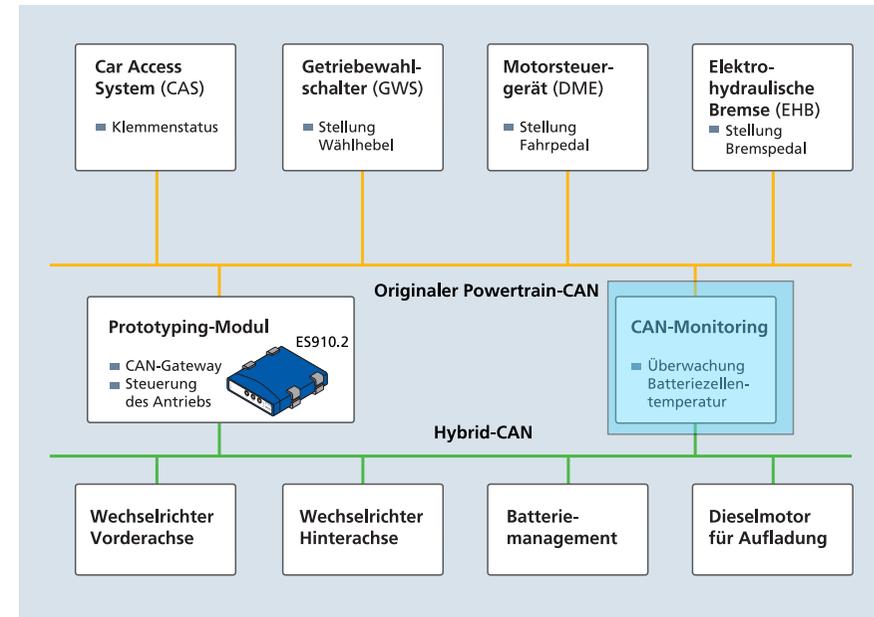


CAN-Bus-Architektur

## Die Bordnetz-Architektur (3)



Komponenten des Hybridantriebs



CAN-Bus-Architektur

# Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung

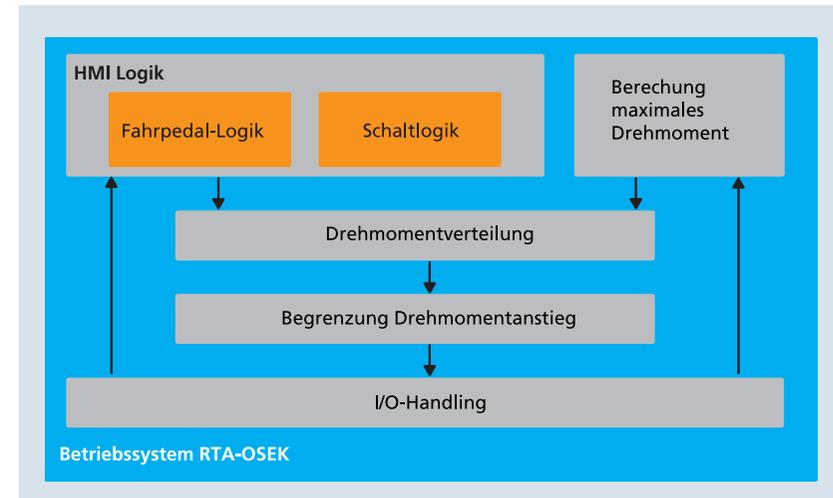


1. Einleitung
2. Das Fahrzeug
3. Die Bordnetz-Architektur
- 4. Funktionsentwicklung mit ASCET**
  1. Fahrpedal-Logik
  2. Berechnung des maximalen Drehmoments
  3. Drehmomentverteilung
  4. Drehmomentanstiegsbegrenzung
  5. Funktionsmodellierung
5. Die Erprobung
  1. Offline-Simulation
  2. Rapid Prototyping
6. Höhere Antriebsfunktion
7. Fazit
8. Abkürzungsverzeichnis

## Funktionsentwicklung mit ASCET



- Bei der Entwicklung der neuen Hybridfunktionen wurde auf die **bewährten** Entwicklungswerkzeuge von ETAS zurückgegriffen. Ziel war es, in möglichst kurzer Zeit einen Prototyp zu entwickeln, mit dem man konkrete Erfahrungen sammeln kann. Die **Funktionsentwicklung** erfolgte mit dem Entwicklungswerkzeug ASCET. Die Antriebsfunktionen wurden durch eine **Schichtenarchitektur** strukturiert. Die oberste Schicht bilden das Mensch-Maschine-Interface (HMI) und die Berechnung des maximalen Drehmoments. Darunter befinden sich die Drehmomentverteilung und die Drehmomentanstiegsbegrenzung. Die unterste Schicht ist verantwortlich für die CAN-Kommunikation.

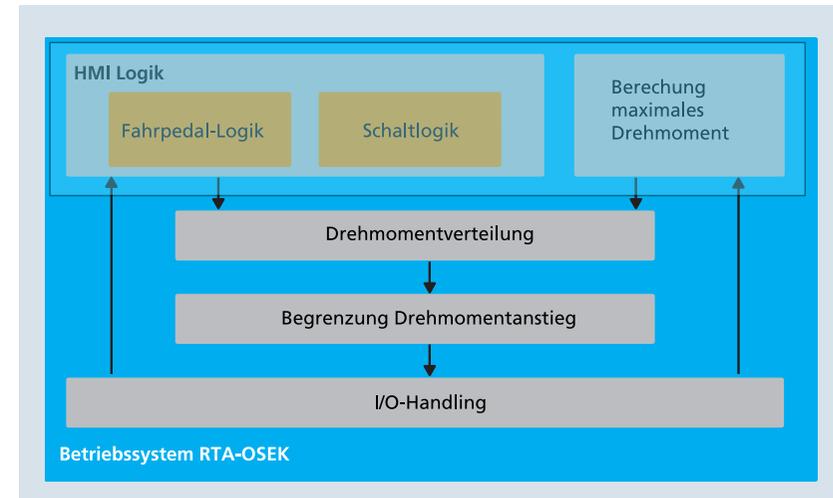


Software-Architektur

## Funktionsentwicklung mit ASCET



- Bei der Entwicklung der neuen Hybridfunktionen wurde auf die bewährten Entwicklungswerkzeuge von ETAS zurückgegriffen. Ziel war es, in möglichst kurzer Zeit einen Prototyp zu entwickeln, mit dem man konkrete Erfahrungen sammeln kann. Die Funktionsentwicklung erfolgte mit dem Entwicklungswerkzeug ASCET. Die Antriebsfunktionen wurden durch eine Schichtenarchitektur strukturiert. Die oberste Schicht bilden das **Mensch-Maschine-Interface (HMI)** und die **Berechnung** des maximalen Drehmoments. Darunter befinden sich die Drehmomentverteilung und die Drehmomentanstiegsbegrenzung. Die unterste Schicht ist verantwortlich für die CAN-Kommunikation.

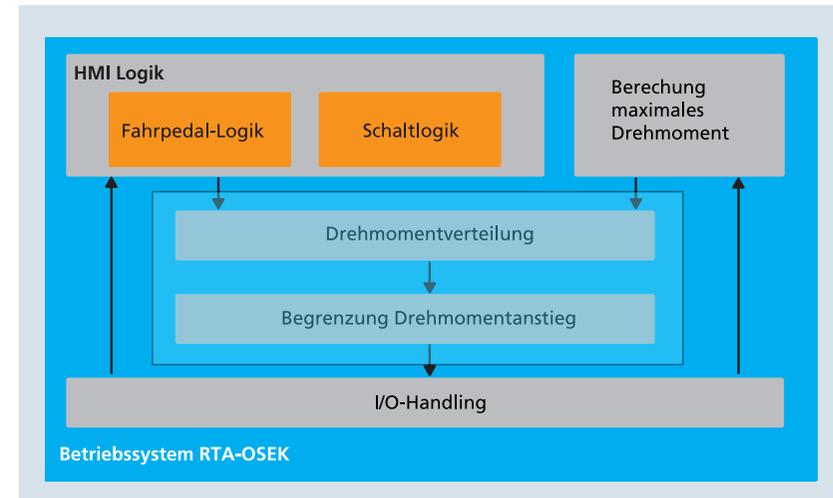


Software-Architektur

## Funktionsentwicklung mit ASCET



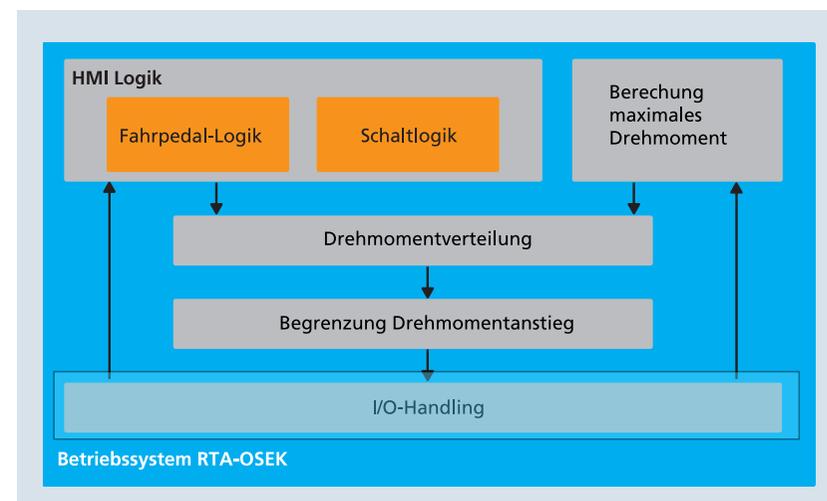
- Bei der Entwicklung der neuen Hybridfunktionen wurde auf die bewährten Entwicklungswerkzeuge von ETAS zurückgegriffen. Ziel war es, in möglichst kurzer Zeit einen Prototyp zu entwickeln, mit dem man konkrete Erfahrungen sammeln kann. Die Funktionsentwicklung erfolgte mit dem Entwicklungswerkzeug ASCET. Die Antriebsfunktionen wurden durch eine Schichtenarchitektur strukturiert. Die oberste Schicht bilden das Mensch-Maschine-Interface (HMI) und die Berechnung des maximalen Drehmoments. Darunter befinden sich die **Drehmomentverteilung** und **Drehmomentanstiegsbegrenzung**. Die unterste Schicht ist verantwortlich für die CAN-Kommunikation.



Software-Architektur

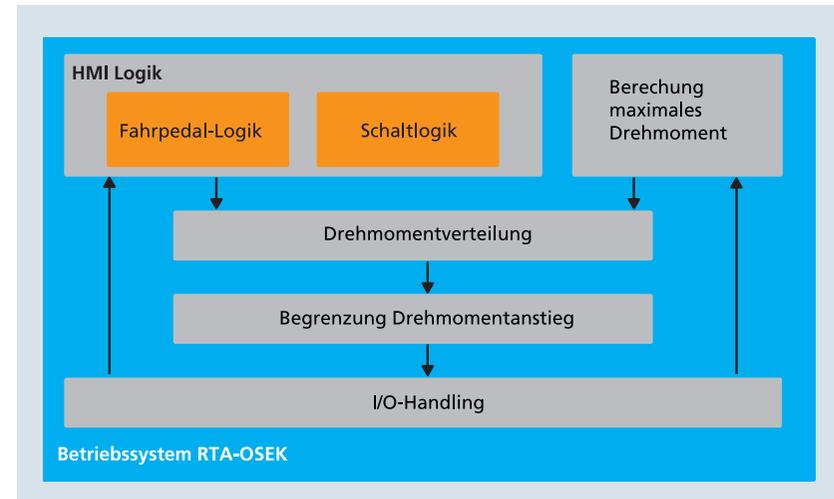
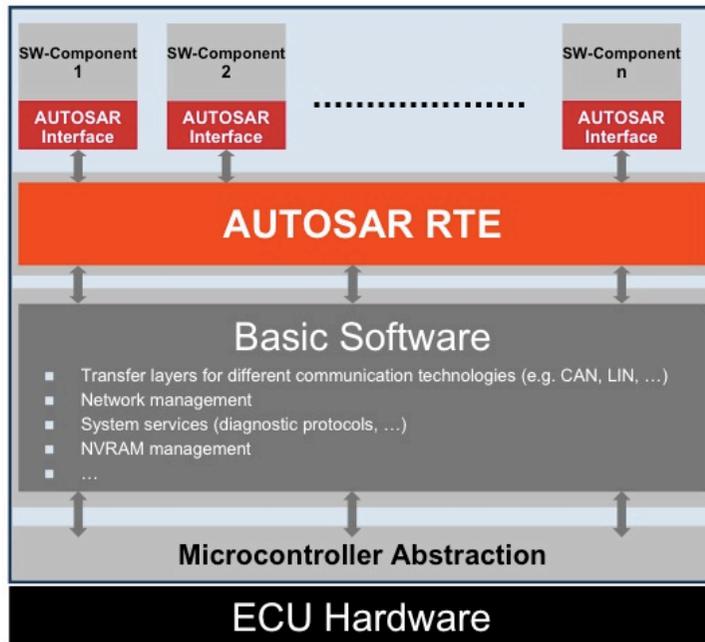
## Funktionsentwicklung mit ASCET

- Bei der Entwicklung der neuen Hybridfunktionen wurde auf die bewährten Entwicklungswerkzeuge von ETAS zurückgegriffen. Ziel war es, in möglichst kurzer Zeit einen Prototyp zu entwickeln, mit dem man konkrete Erfahrungen sammeln kann. Die Funktionsentwicklung erfolgte mit dem Entwicklungswerkzeug ASCET. Die Antriebsfunktionen wurden durch eine Schichtenarchitektur strukturiert. Die oberste Schicht bilden das Mensch-Maschine-Interface (HMI) und die Berechnung des maximalen Drehmoments. Darunter befinden sich die Drehmomentverteilung und Drehmomentanstiegsbegrenzung. Die unterste Schicht ist verantwortlich für die **CAN-Kommunikation**.



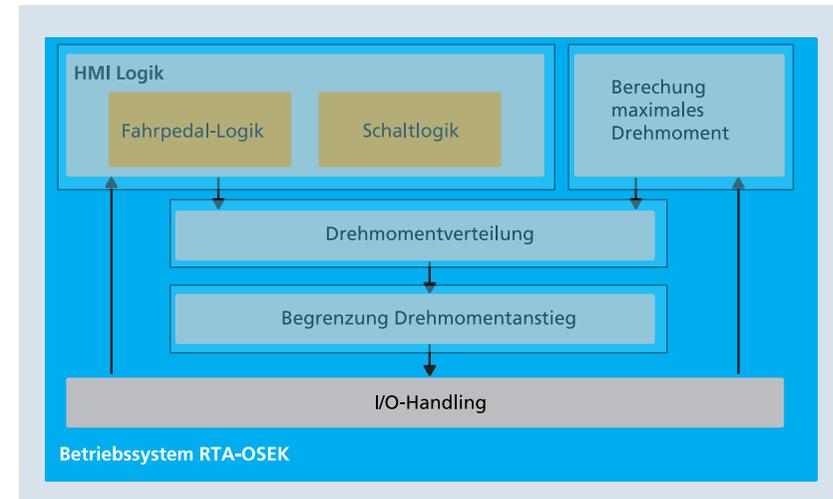
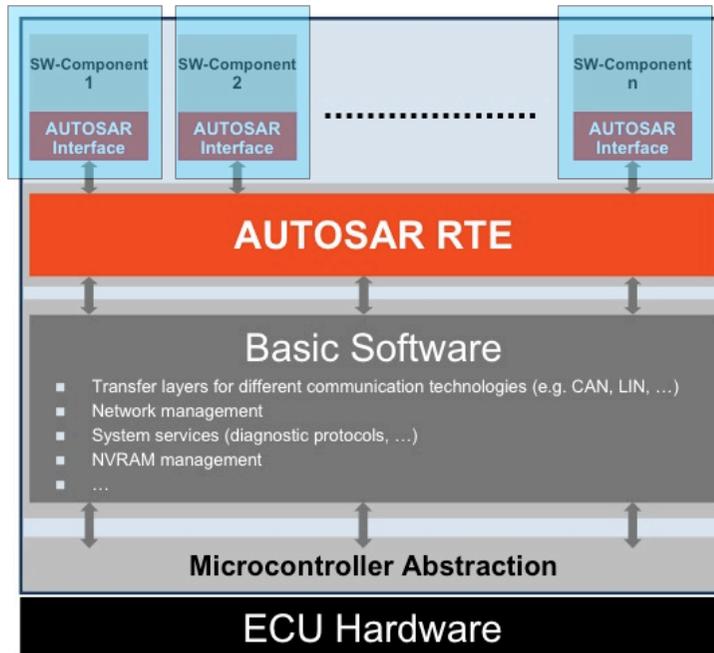
Software-Architektur

# AUTOSAR



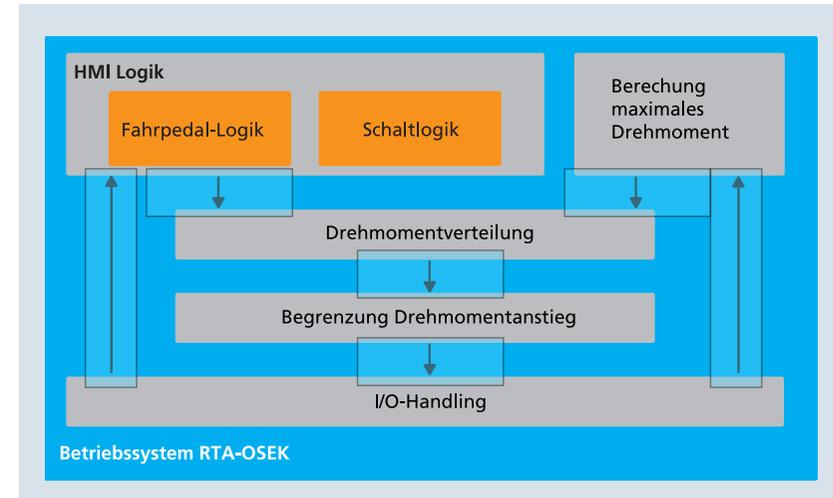
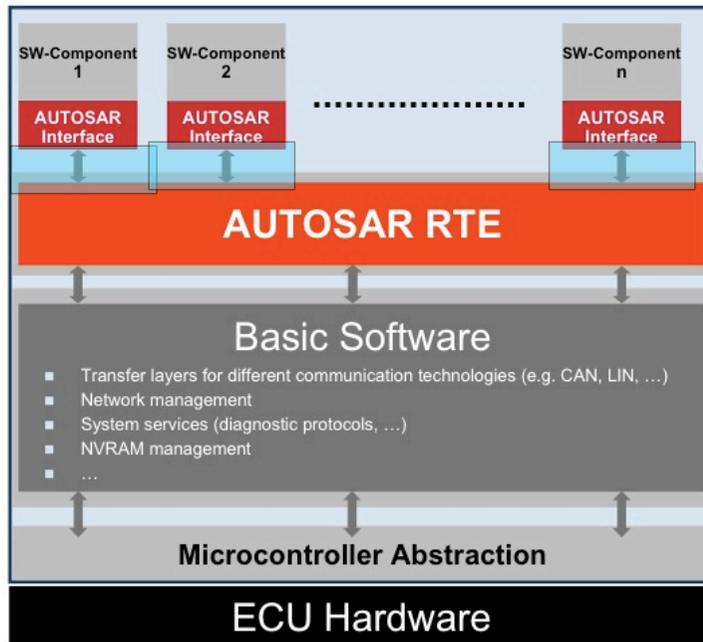
Software-Architektur

AUTOSAR Architekturkonzept



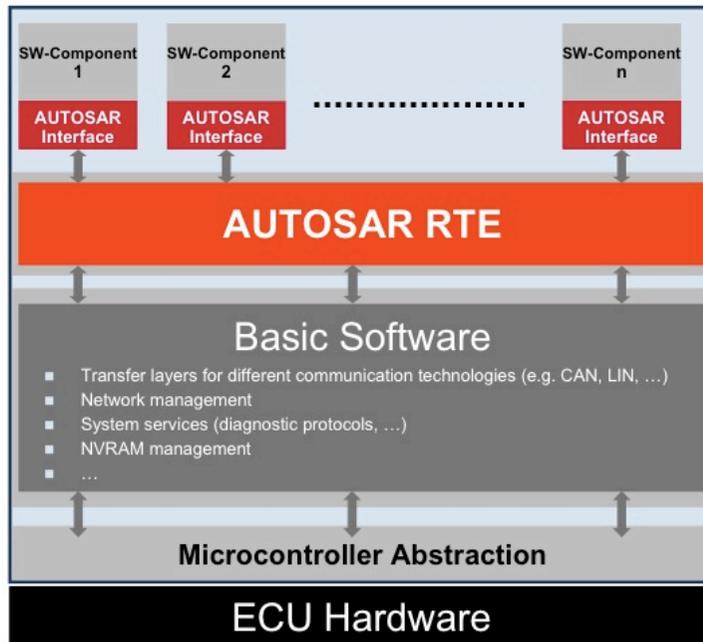
Software-Architektur

AUTOSAR Architekturkonzept

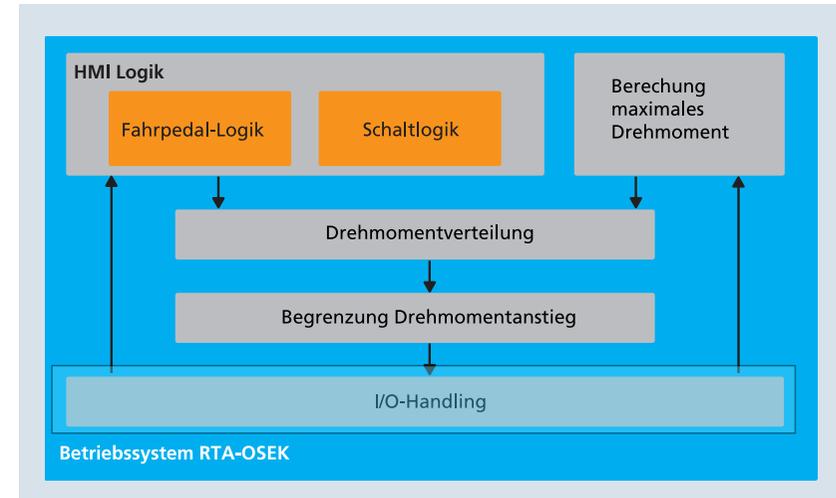


Software-Architektur

AUTOSAR Architekturkonzept



AUTOSAR Architekturkonzept



Software-Architektur

I/O-Handling:

Bei AUTOSAR-konformer Entwicklung nicht Teil der Funktionsentwicklung, sondern in der System Description

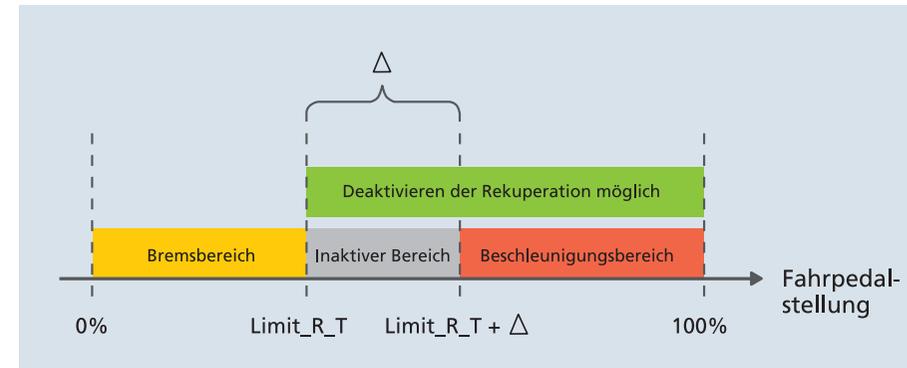
# Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung



1. Einleitung
2. Das Fahrzeug
3. Die Bordnetz-Architektur
- 4. Funktionsentwicklung mit ASCET**
  - 1. Fahrpedal-Logik**
  2. Berechnung des maximalen Drehmoments
  3. Drehmomentverteilung
  4. Drehmomentanstiegsbegrenzung
  5. Funktionsmodellierung
5. Die Erprobung
  1. Offline-Simulation
  2. Rapid Prototyping
6. Höhere Antriebsfunktion
7. Fazit
8. Abkürzungsverzeichnis

- Da die **konventionelle Bremse aus Sicherheitsgründen nicht verändert** wurde, wird über das **Fahrpedal** sowohl **beschleunigt**, als auch **elektrisch gebremst** (rekuperiert). Die Wegstrecke des Fahrpedals wird dabei, in Abhängigkeit vom Rekuperierzustand in drei unterschiedliche Funktionsbereiche aufgeteilt:

- **Bremsbereich**  
Das Fahrzeug wird entgegen der Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, abgebremst.
- **Inaktiver Bereich**  
In diesem Bereich wird das Fahrzeug weder beschleunigt noch abgebremst.
- **Beschleunigungsbereich**  
Das Fahrzeug wird in die Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, beschleunigt.



Fahrpedalkennlinien

- Da die **konventionelle Bremse aus Sicherheitsgründen nicht verändert** wurde, wird über das **Fahrpedal** sowohl **beschleunigt**, als auch **elektrisch gebremst** (rekuperiert). Die Wegstrecke des Fahrpedals wird dabei, in Abhängigkeit vom Rekuperierzustand in drei unterschiedliche Funktionsbereiche aufgeteilt:

- **Bremsbereich**

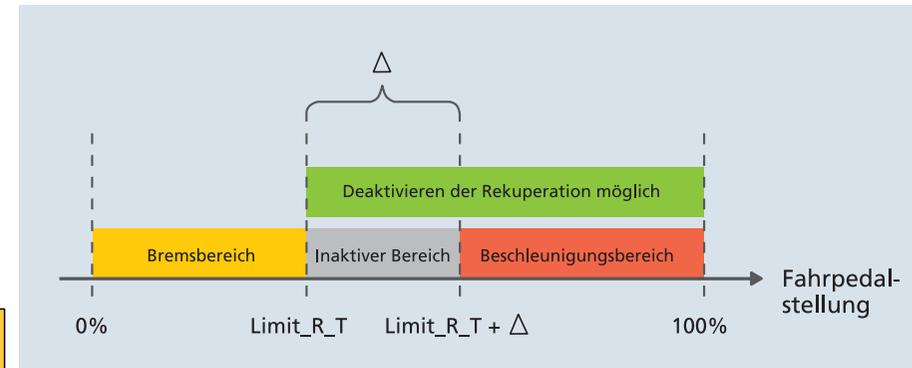
Das Fahrzeug wird entgegen der Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, abgebremst.

- **Inaktiver Bremsbereich**

In diesem Bereich wird das Fahrzeug weder beschleunigt noch abgebremst.

- **Beschleunigungsbereich**

Das Fahrzeug wird in die Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, beschleunigt.



Fahrpedalkennlinien

## Fahrpedal-Logik (1)

- Da die **konventionelle Bremse aus Sicherheitsgründen nicht verändert** wurde, wird über das **Fahrpedal** sowohl **beschleunigt**, als auch **elektrisch gebremst** (rekuperiert). Die Wegstrecke des Fahrpedals wird dabei, in Abhängigkeit vom Rekuperierzustand in drei unterschiedliche Funktionsbereiche aufgeteilt:

- **Bremsbereich**

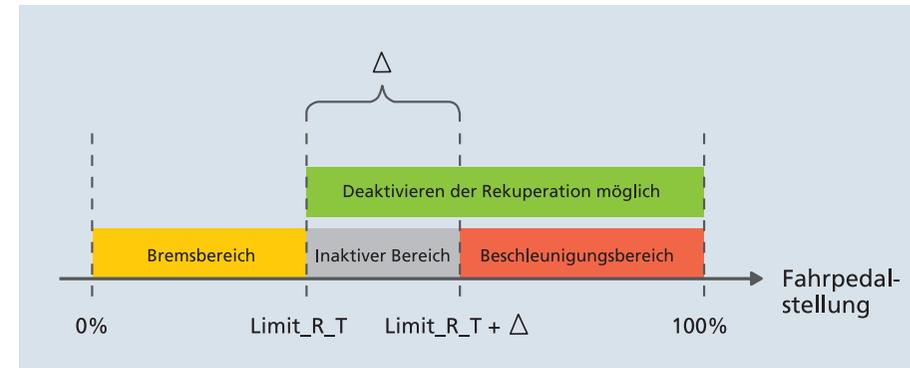
Das Fahrzeug wird entgegen der Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, abgebremst.

- **Inaktiver Bereich**

In diesem Bereich wird das Fahrzeug weder beschleunigt noch abgebremst.

- **Beschleunigungsbereich**

Das Fahrzeug wird in die Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, beschleunigt.



## Fahrpedalkennlinien

- Da die **konventionelle Bremse aus Sicherheitsgründen nicht verändert** wurde, wird über das **Fahrpedal** sowohl **beschleunigt**, als auch **elektrisch gebremst** (rekuperiert). Die Wegstrecke des Fahrpedals wird dabei, in Abhängigkeit vom Rekuperierzustand in drei unterschiedliche Funktionsbereiche aufgeteilt:

- **Bremsbereich**

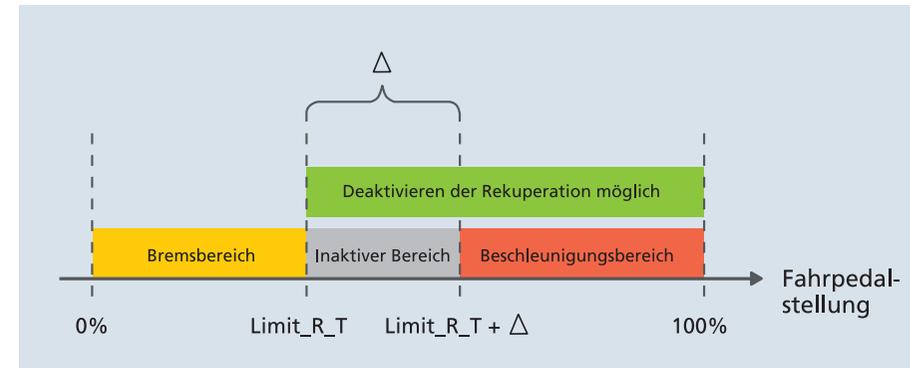
Das Fahrzeug wird entgegen der Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, abgebremst.

- **Inaktiver Bereich**

In diesem Bereich wird das Fahrzeug weder beschleunigt noch abgebremst.

- **Beschleunigungsbereich**

Das Fahrzeug wird in die Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, beschleunigt.



### Fahrpedalkennlinien

- Das Fahrzeug wird entgegen der Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, abgebremst.
- Jedesmal Bremsen ist einmal zuviel.
- BMW EfficientDynamics – wir haben die Segel richtig gesetzt  
Dr. Johannes Liebl, BMW AG  
Vortrag auf der  
30. Tagung „Elektronik im Kraftfahrzeug“, Dresden, 16. - 17. Juni 2010
- Prädiktives Fahren

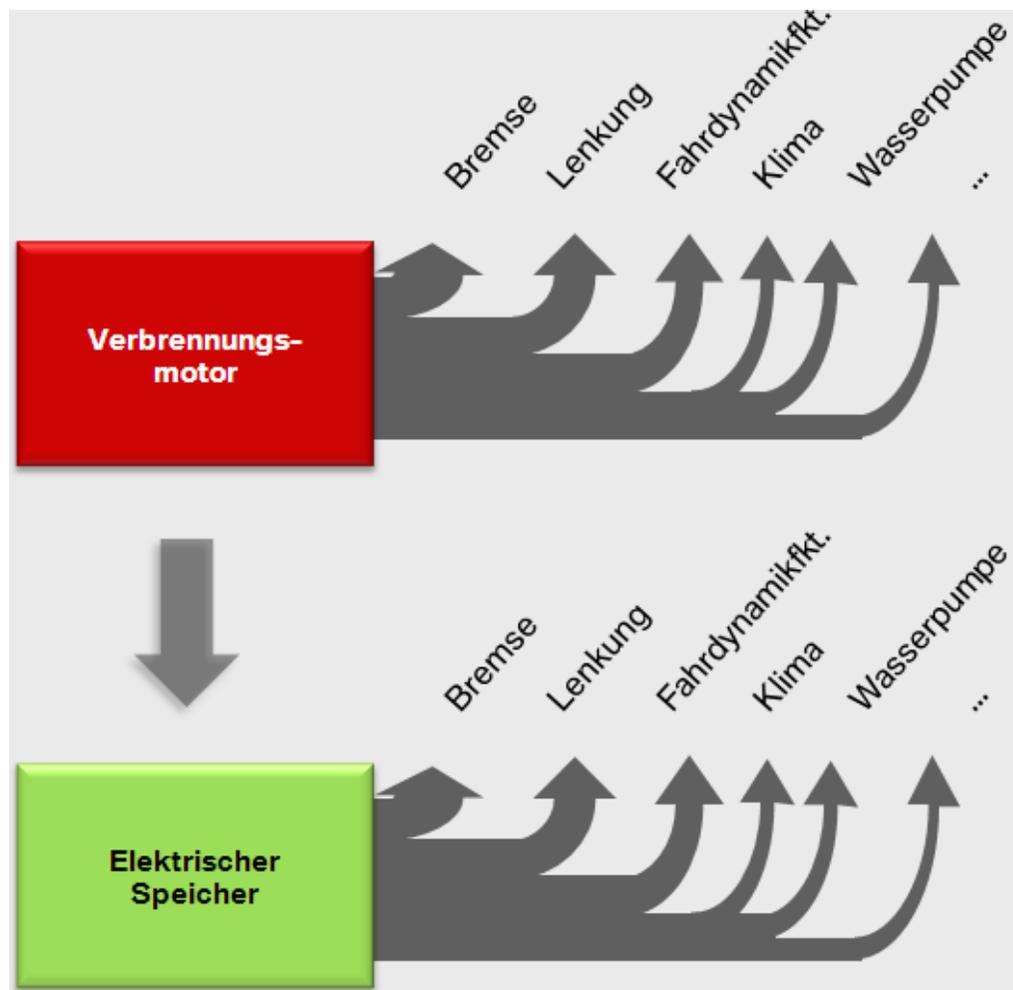
- Das Fahrzeug wird entgegen der Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, abgebremst. ⇨ Motorbremse
- Jedesmal Bremsen ist einmal zuviel.
- BMW EfficientDynamics – wir haben die Segel richtig gesetzt  
Dr. Johannes Liebl, BMW AG  
Vortrag auf der  
30. Tagung „Elektronik im Kraftfahrzeug“, Dresden, 16. - 17. Juni 2010
- Prädiktives Fahren

- Das Fahrzeug wird entgegen der Richtung, die der eingelegten Fahrstufe entspricht, abgebremst. ⇨ Motorbremse
- Jedesmal Bremsen ist einmal zuviel. (Walter Röhr)
- BMW EfficientDynamics – wir haben die Segel richtig gesetzt  
Dr. Johannes Liebl, BMW AG  
Vortrag auf der  
30. Tagung „Elektronik im Kraftfahrzeug“, Dresden, 16. - 17. Juni 2010
- Prädiktives Fahren

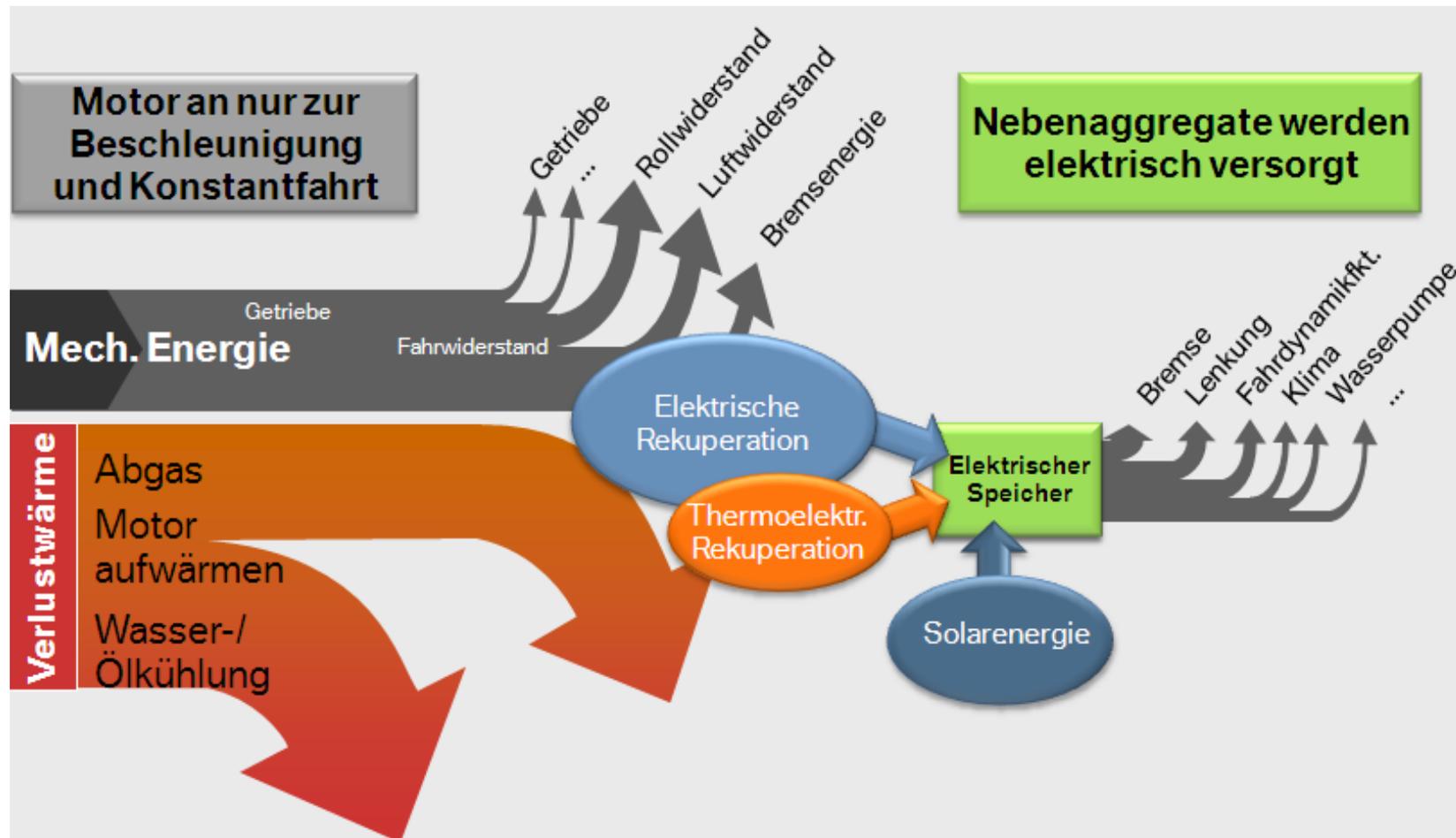
- Wir haben die Segel richtig gesetzt



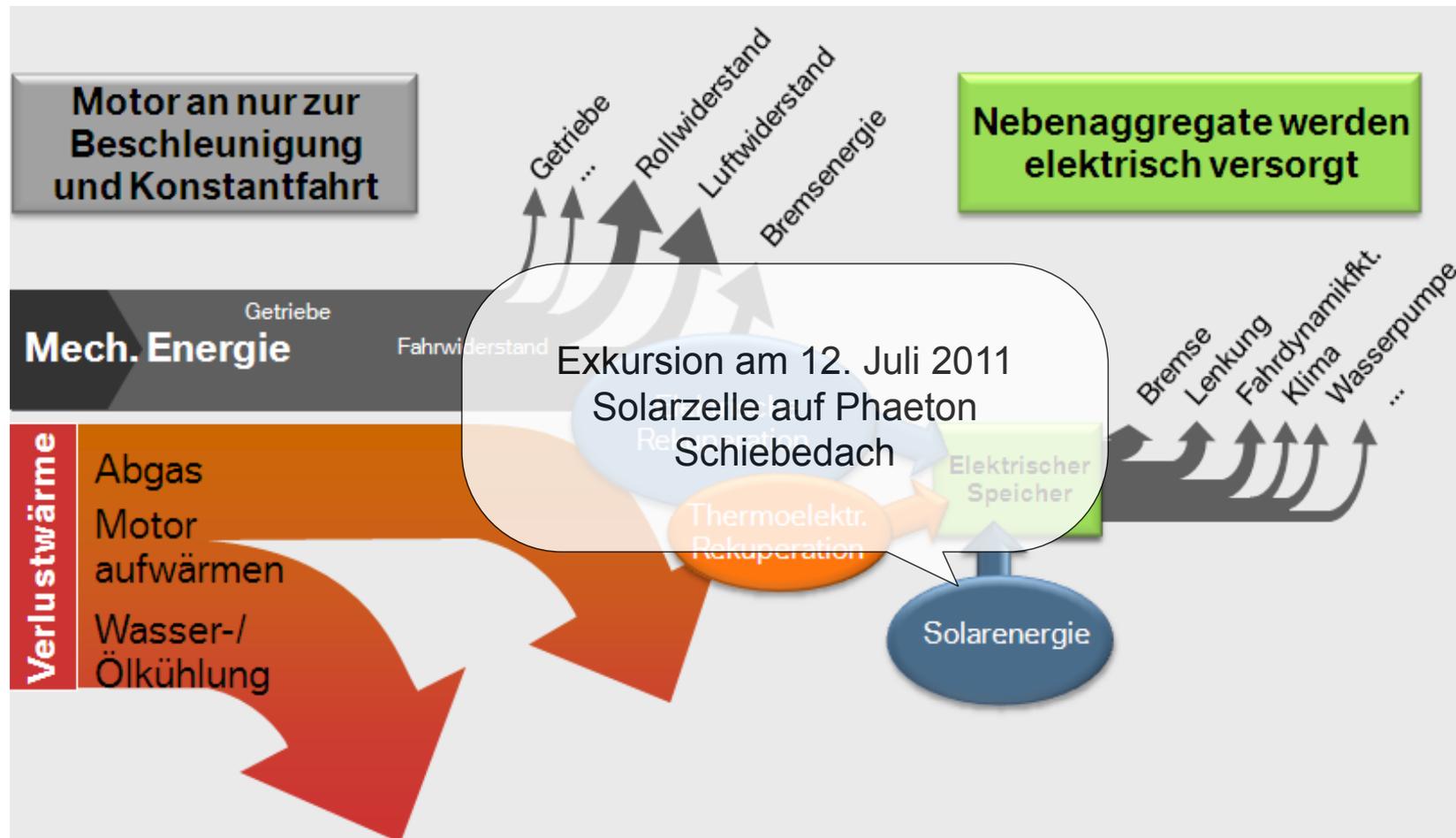
- Entkopplung der Nebenaggregate vom Verbrennungsmotor



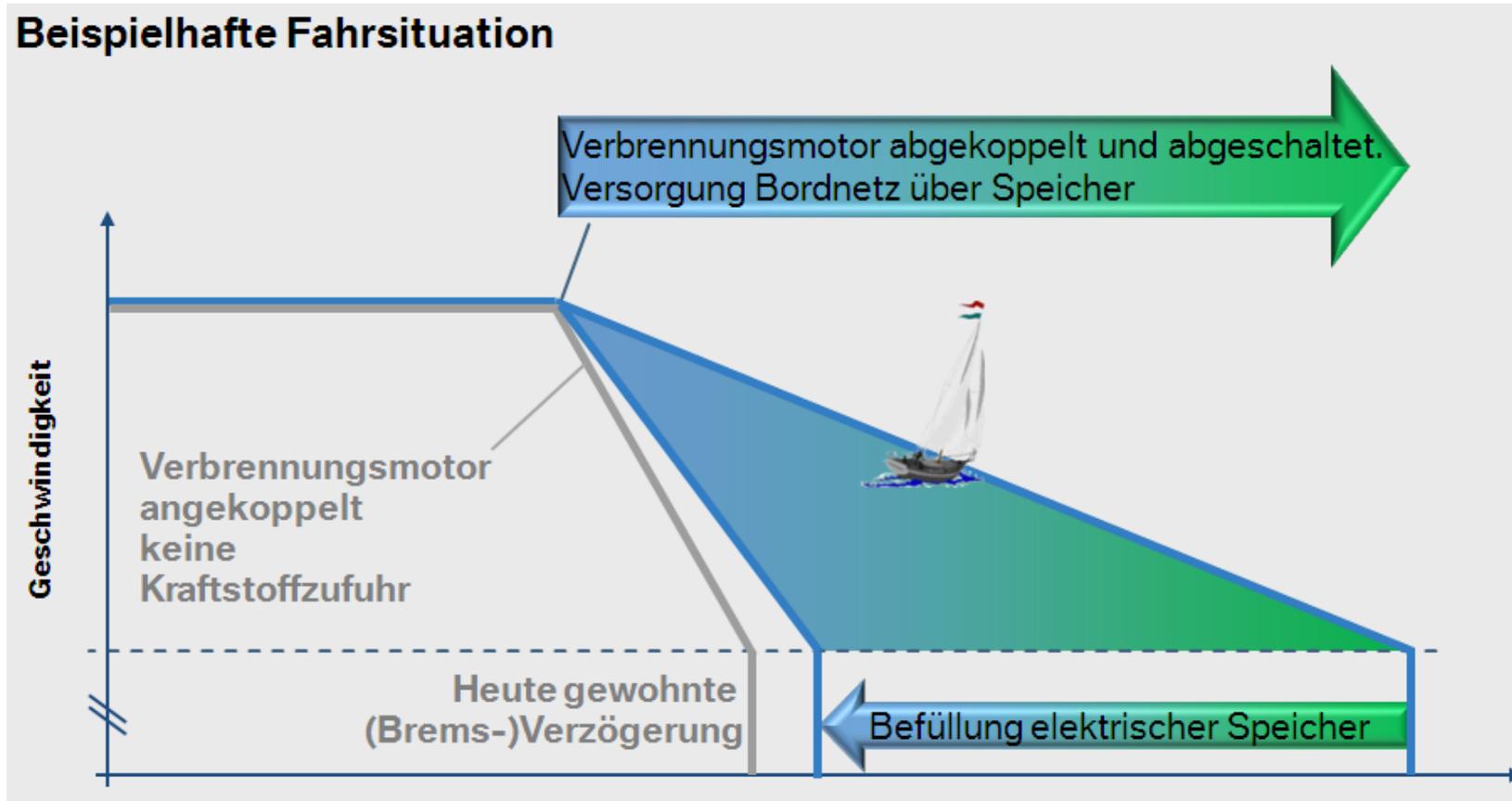
- Befüllen des elektrischen Speichers



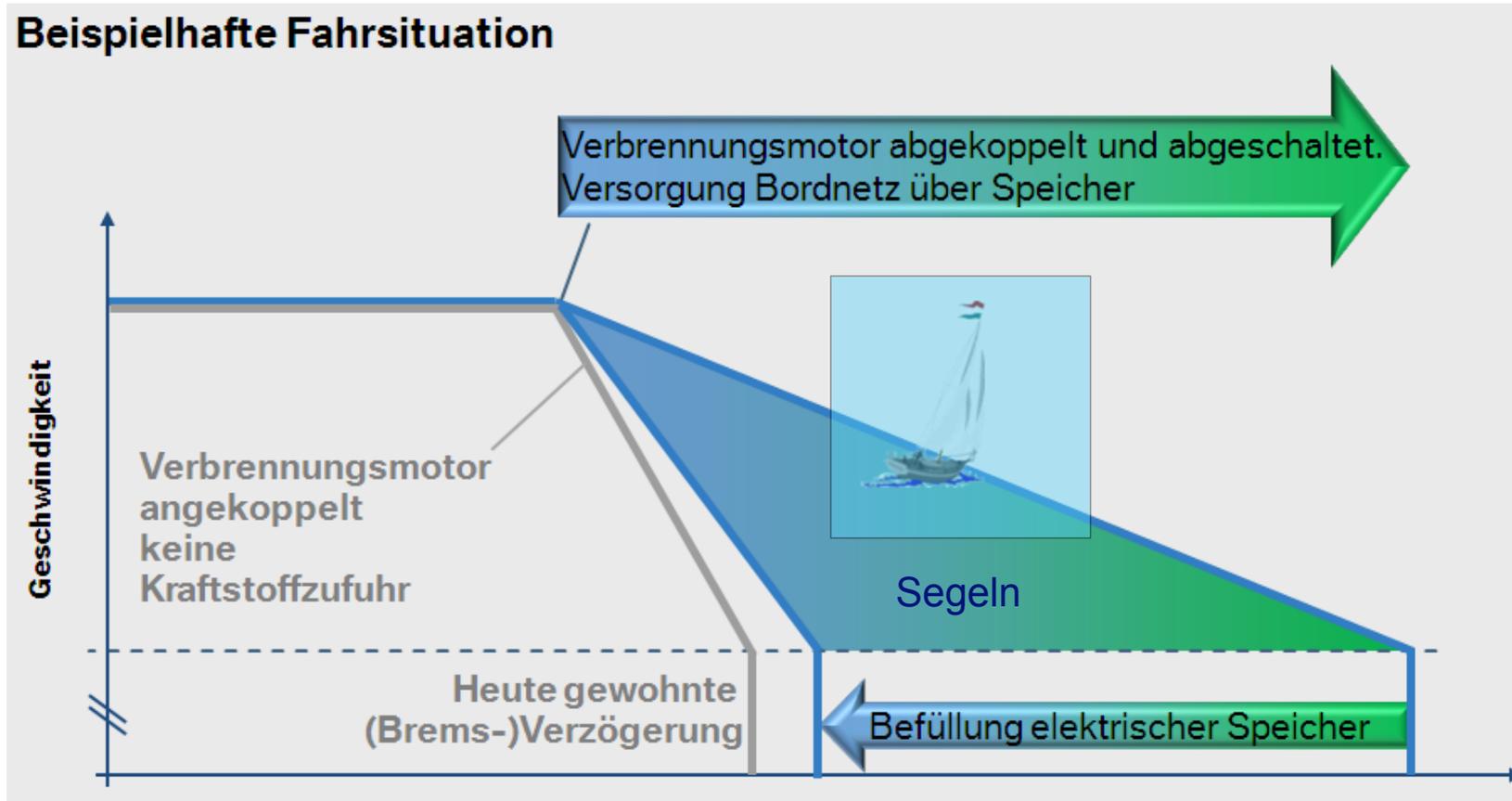
- Befüllen des elektrischen Speichers



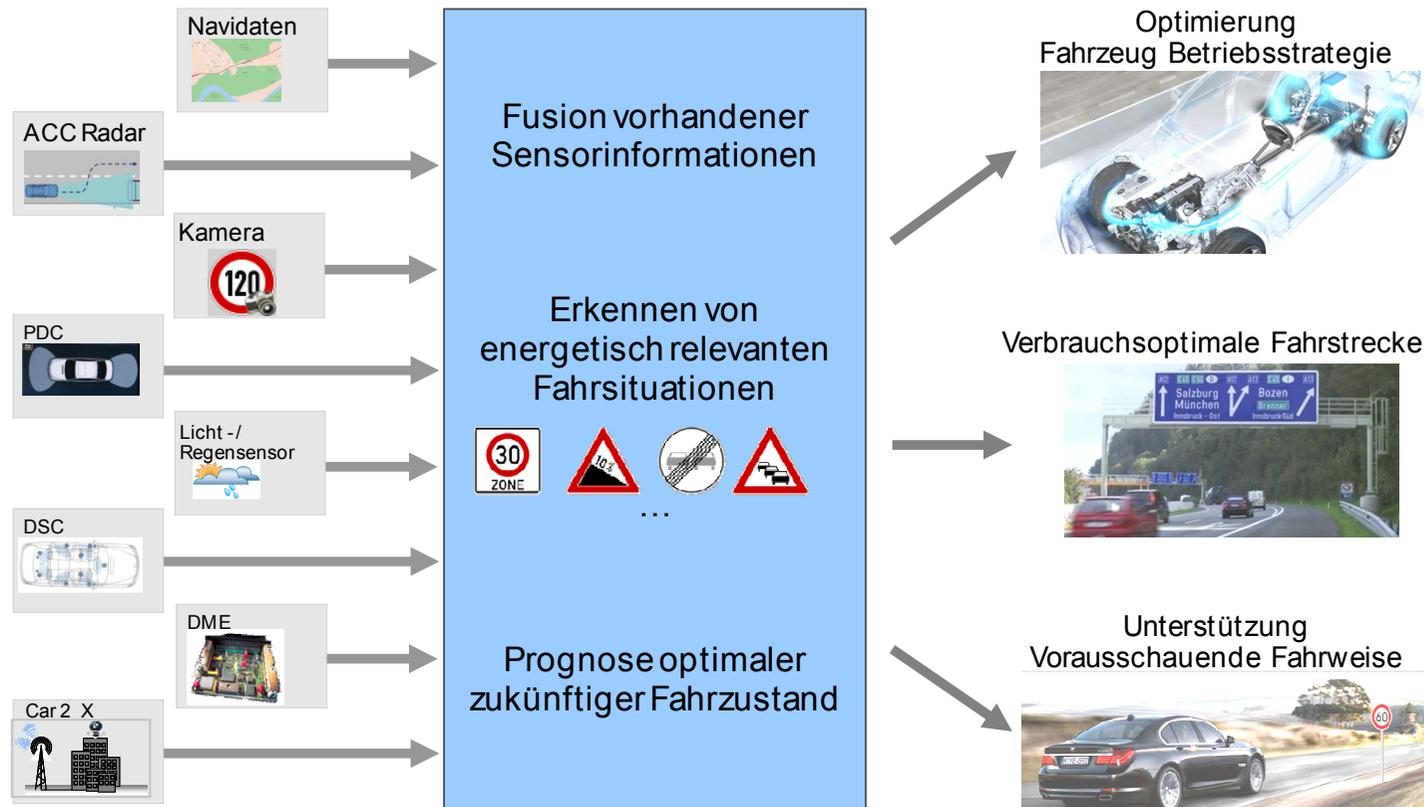
- Verzögerungsphasen beeinflussen die Rekuperation



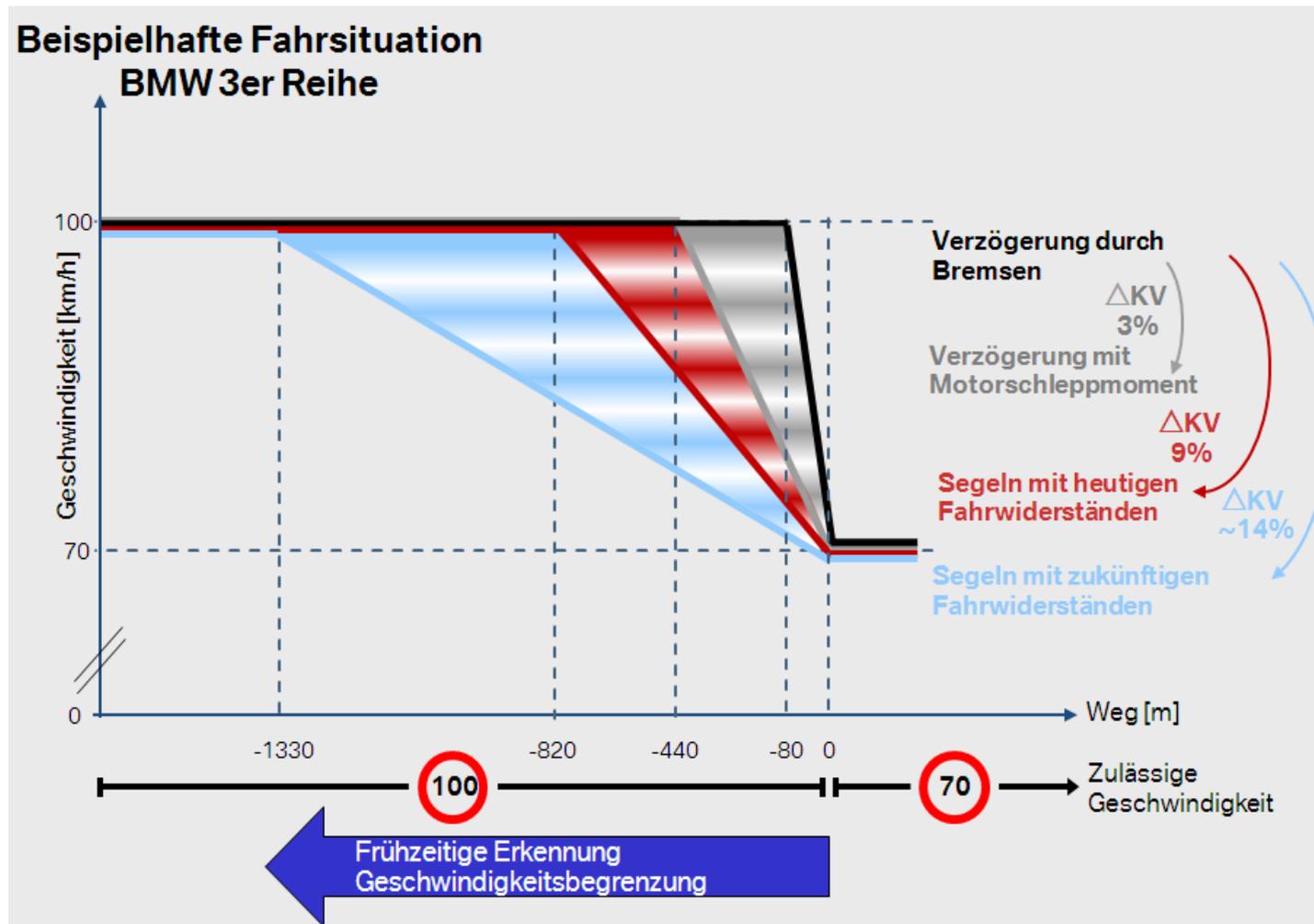
- Verzögerungsphasen beeinflussen die Rekuperation



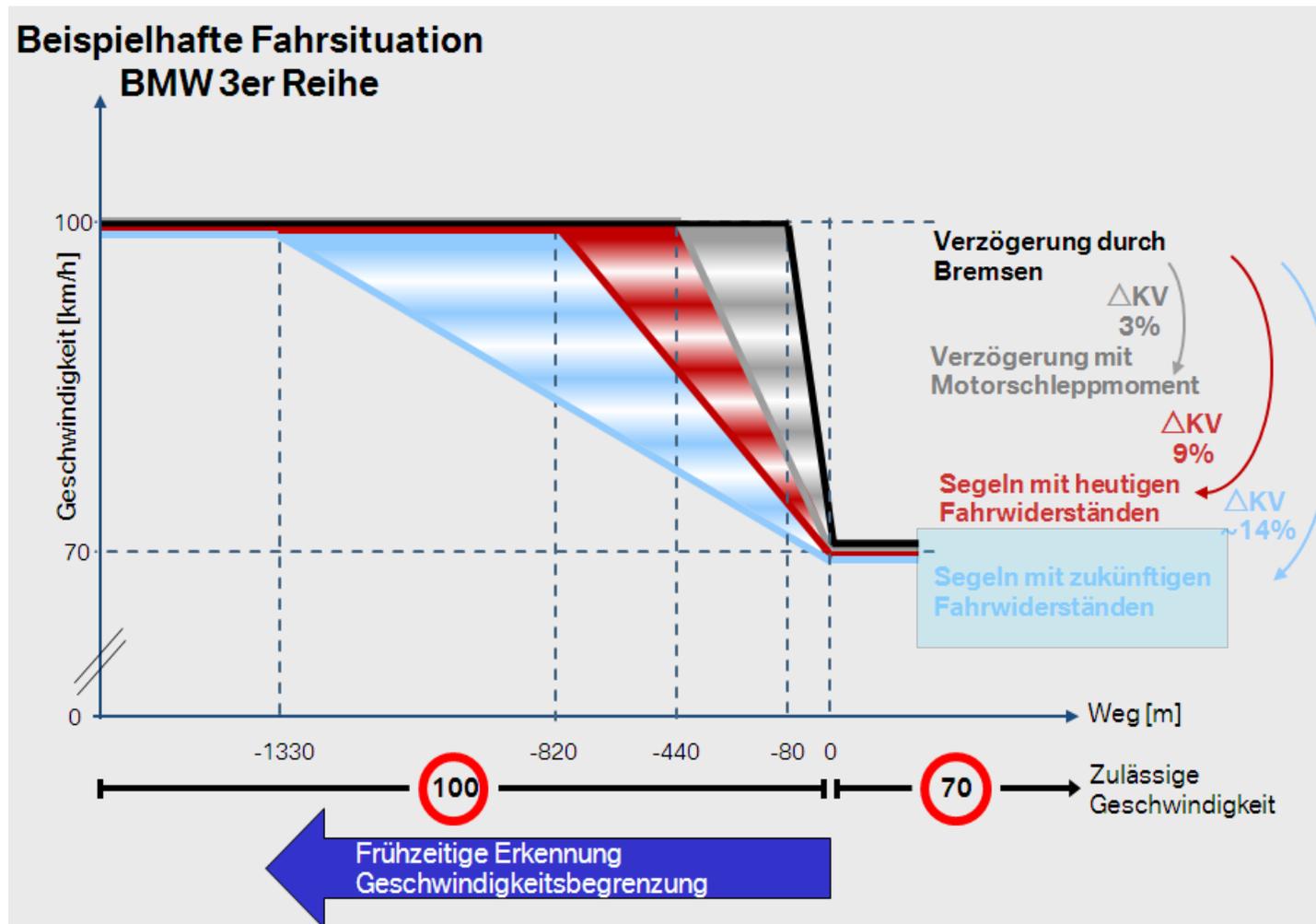
- Vorausschauendes Energiemanagement als Schlüssel zum energetischen Optimum



- Vorausschauendes Energiemanagement ermöglicht eine sinnvolle Segelfunktion



- Vorausschauendes Energiemanagement ermöglicht eine sinnvolle Segelfunktion



## Prädiktives Fahren (1)



- Einbeziehung von Umfeld-, Routen- und Verkehrsdaten führt zu einer situationsbezogenen, optimierten Gesamtfahrzeugbetriebsstrategie:  
Prädiktives Fahren
- Prädiktives Fahren ermöglicht prädiktives Energiemanagement
- Vorsicht beim Segeln auf der Autobahn
  - 100 km/h Geschwindigkeitsbegrenzung
  - Dichter Verkehr mit 110 - 120 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit
  - In 1330 m Entfernung 70 km/h Geschwindigkeitsbegrenzung
  - 10 Prozent der Fahrzeuge beginnen zu segeln

## Prädiktives Fahren (1)

- Einbeziehung von Umfeld-, Routen- und Verkehrsdaten führt zu einer situationsbezogenen, optimierten Gesamtfahrzeugbetriebsstrategie:  
Prädiktives Fahren
- Prädiktives Fahren ermöglicht prädiktives Energiemanagement
- Vorsicht beim Segeln auf der Autobahn
  - 100 km/h Geschwindigkeitsbegrenzung
  - Dichter Verkehr mit 110 - 120 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit
  - In 1330 m Entfernung 70 km/h Geschwindigkeitsbegrenzung
  - 10 Prozent der Fahrzeuge beginnen zu segeln



## Prädiktives Fahren (1)

- Einbeziehung von Umfeld-, Routen- und Verkehrsdaten führt zu einer situationsbezogenen, optimierten Gesamtfahrzeugbetriebsstrategie:  
Prädiktives Fahren
- Prädiktives Fahren ermöglicht prädiktives Energiemanagement
- Vorsicht beim Segeln auf der Autobahn
  - 100 km/h Geschwindigkeitsbegrenzung
  - Dichter Verkehr mit 110 - 120 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit
  - In 1330 m Entfernung 70 km/h Geschwindigkeitsbegrenzung
  - 10 Prozent der Fahrzeuge beginnen zu segeln



## Prädiktives Fahren (2)

- Ähnlich Eisenbahn:
  - Vor der Steigung Beschleunigung zurücknehmen
  - Mit Schwung auf den Scheitelpunkt
  - Im Gefälle Beschleunigung aufnehmen
- Versuche bei Freightliner: Bis zu 5% Kraftstoffeinsparung durch prädiktives, kartengestütztes Fahren
- <http://www.motor-talk.de/forum/was-verbraucht-euer-truck-t1899263.html>

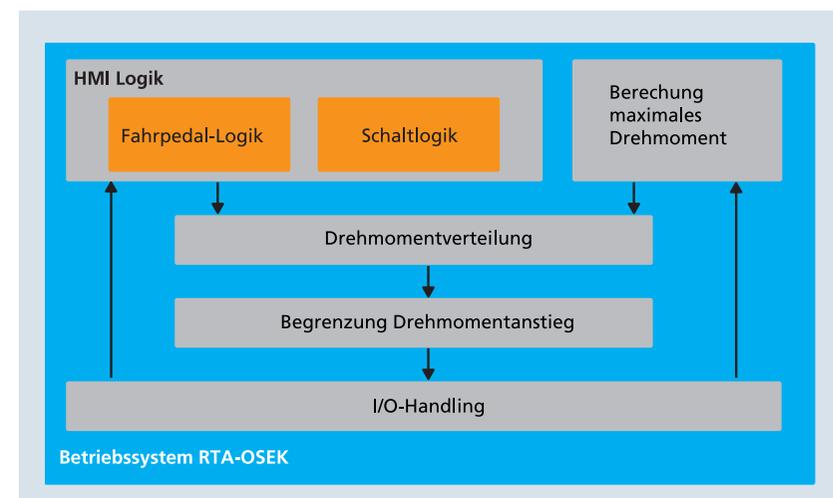
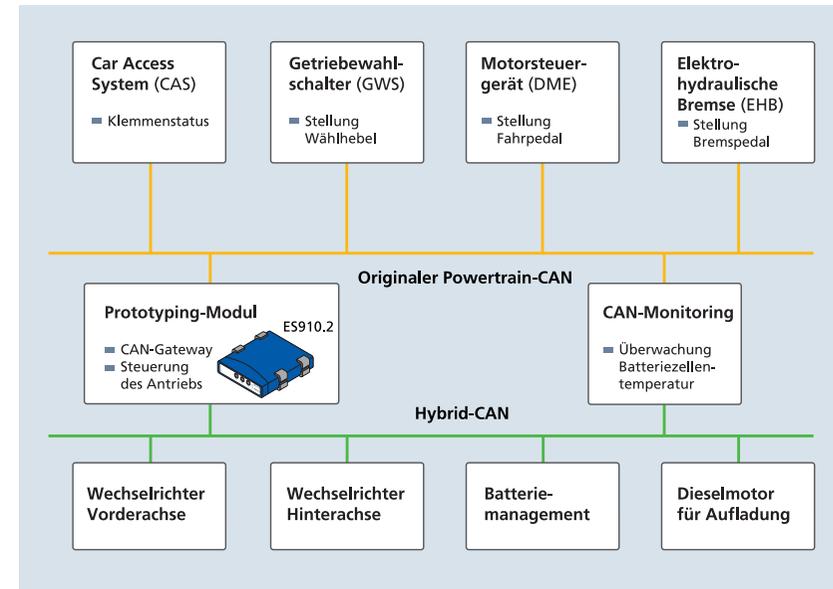
## Prädiktives Fahren (2)



- Ähnlich Eisenbahn:
  - Vor der Steigung Beschleunigung zurücknehmen
  - Mit Schwung auf den Scheitelpunkt
  - Im Gefälle Beschleunigung aufnehmen
- Versuche bei Freightliner: Bis zu 5% Kraftstoffeinsparung durch prädiktives, kartengestütztes Fahren
- <http://www.motor-talk.de/forum/was-verbraucht-euer-truck-t1899263.html>
  - Ich fahre zur Zeit einen Scania R 380 mit Opticruise 40t Hinfahrt Leer Rückfahrt Voll ausgeladen Gelände Mitteldeutschland Verbrauch 26ltr/100km minimaler Verbrauch 23 ltr max Verbrauch 30 ltr/ 100 km
  - unser fuhrpark (die actrose) verbrauchen im schnitt ca 25-32liter im internationalen fernverkehr, mit tridem zügen 400 und 410er actros volumenzüge ....
  - die bei meinem vater ca 30-40liter deutschland verkehr zwischen 30 und 40 entlader in der woche, staplerzüge, berge ohne ende, zu 85% immer voll ausgeladen
- 3% Einsparung bei 30 l / 100 km und Dieselpreis von 1,20 € / l: 1,08 € / 100 km

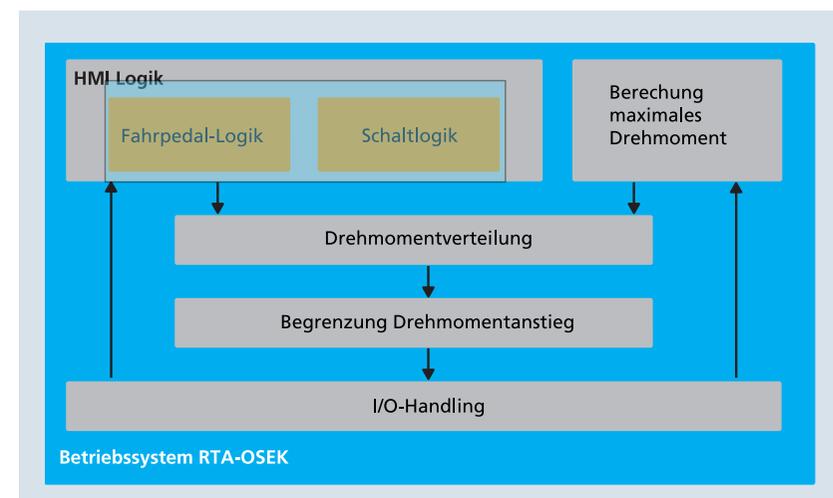
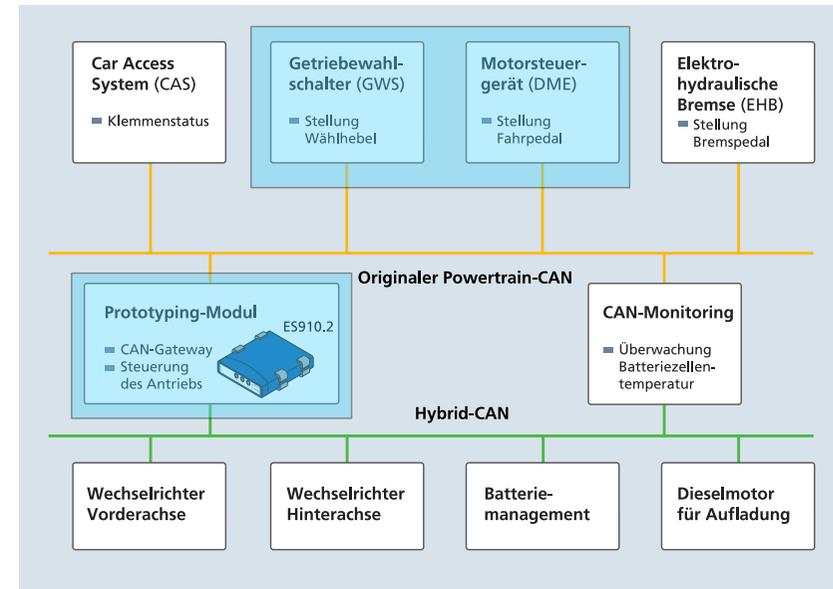
## Fahrpedal-Logik (2)

- Die Funktion des **Rekuperierens** muss auch **ausgeschaltet** werden können. So kann verhindert werden, dass die Batterien bei lang andauernder Bergabfahrt **überladen** werden. Bei der Fahrpedalkennlinie muss deshalb unterschieden werden, ob Rekuperieren aktiviert oder deaktiviert ist. In Abhängigkeit hiervon, sowie der Stellung des Fahrpedals und der eingelegten Fahrstufe, wird dann die entsprechende Soll-Drehmomentvorgabe berechnet. Die Anwendung des jeweiligen Funktionsbereichs sowie die Berechnung der entsprechenden Soll-Drehmoment-vorgabe, erfolgt nach folgendem Prinzip (Folgende Folien)



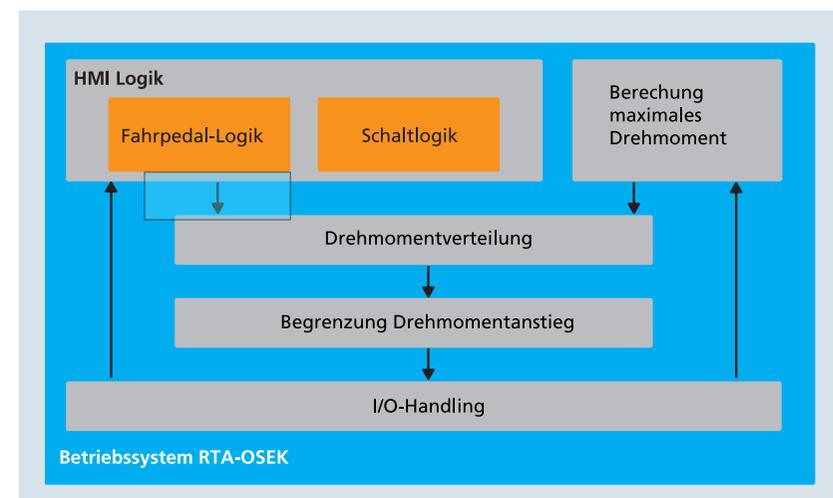
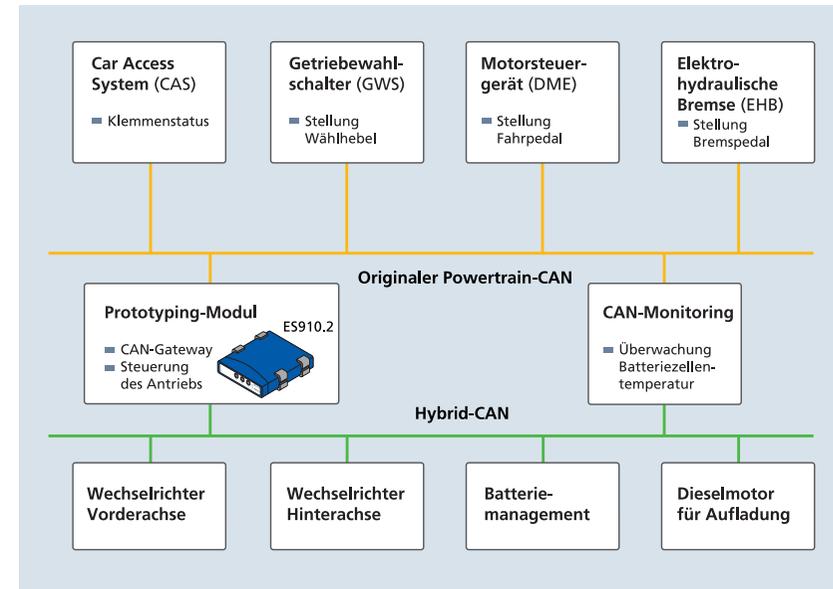
## Fahrpedal-Logik (2)

- Die **Funktion des Rekuperierens** muss auch **ausgeschaltet** werden können. So kann verhindert werden, dass die Batterien bei lang andauernder Bergabfahrt **überladen** werden. Bei der Fahrpedalkennlinie muss deshalb unterschieden werden, ob Rekuperieren aktiviert oder deaktiviert ist. In Abhängigkeit hiervon, sowie der Stellung des **Fahrpedals** und der eingelegten **Fahrstufe**, wird dann die entsprechende Soll-Drehmomentvorgabe berechnet. Die Anwendung des jeweiligen Funktionsbereichs sowie die Berechnung der entsprechenden Soll-Drehmoment-vorgabe, erfolgt nach folgendem Prinzip (folgende Folien)



## Fahrpedal-Logik (2)

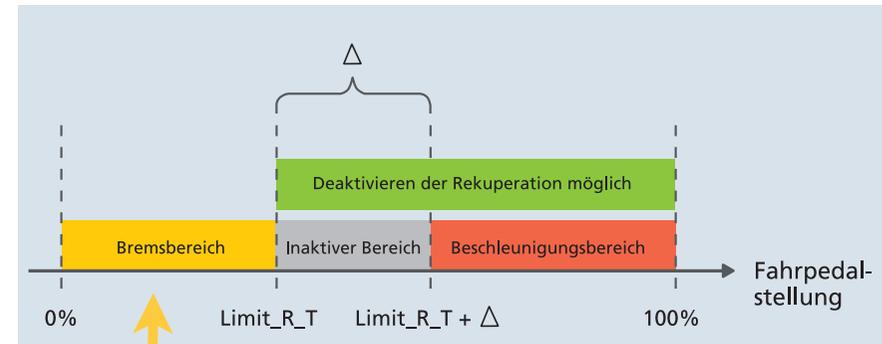
- Die Funktion des **Rekuperierens** muss auch **ausgeschaltet** werden können. So kann verhindert werden, dass die Batterien bei lang andauernder Bergabfahrt **überladen** werden. Bei der Fahrpedalkennlinie muss deshalb unterschieden werden, ob Rekuperieren aktiviert oder deaktiviert ist. In Abhängigkeit hiervon, sowie der Stellung des Fahrpedals und der eingelegten Fahrstufe, wird dann die entsprechende **Soll-Drehmomentvorgabe** berechnet. Die Anwendung des jeweiligen Funktionsbereichs sowie die Berechnung der entsprechenden Soll-Drehmomentvorgabe, erfolgt nach folgendem Prinzip (Folgende Folien)



## Fahrpedal-Logik (3)

### ■ Bremsen durch Rekuperieren

Bei einer Stellung von 0 bis  $\text{LIMIT\_R\_T}$  und wenn zugleich das Rekuperieren als Funktion aktiviert ist. Eine Stellung des Fahrpedals von 0 % entspricht hierbei dem vollen Rekuperieren (maximale Soll-Bremsschubvorgabe),  $\text{LIMIT\_R\_T}$  [%] der Stellung entspricht einer Soll-Bremsschubvorgabe von 0 %.

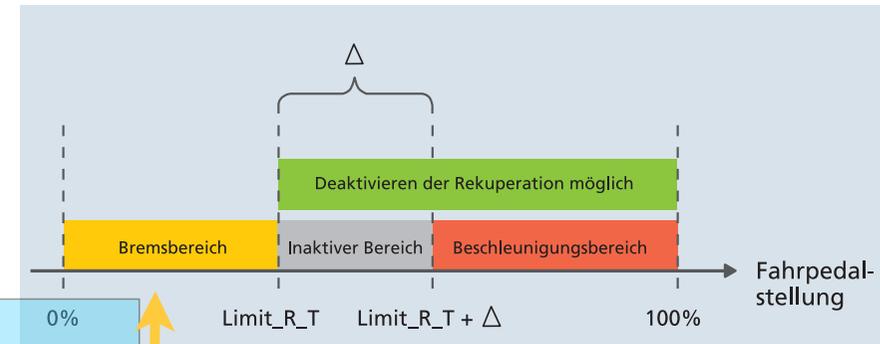


Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.

## Fahrpedal-Logik (3)

### ■ Bremsen durch Rekuperieren

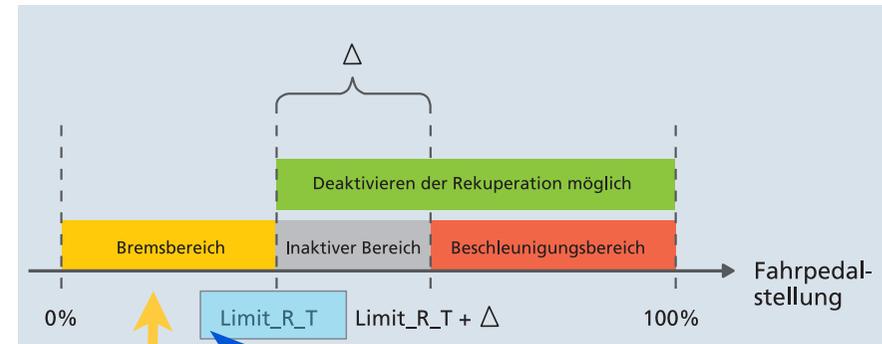
Bei einer Stellung von 0 bis  $\text{LIMIT\_R\_T}$  und wenn zugleich das Rekuperieren als Funktion aktiviert ist. Eine Stellung des Fahrpedals von 0 % entspricht hierbei dem vollen Rekuperieren (**maximale Soll-Bremsschubvorgabe**).  $\text{LIMIT\_R\_T}$  [%] der Stellung entspricht einer Soll-Bremsschubvorgabe von 0 %.



Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.

### ■ Bremsen durch Rekuperieren

Bei einer Stellung von 0 bis  $\text{LIMIT\_R\_T}$  und wenn zugleich das Rekuperieren als Funktion aktiviert ist. Eine Stellung des Fahrpedals von 0 % entspricht hierbei dem vollen Rekuperieren (maximale Soll-Bremsschubvorgabe),  $\text{LIMIT\_R\_T}$  [%] der Stellung entspricht einer **Soll-Bremsschubvorgabe von 0 %**.



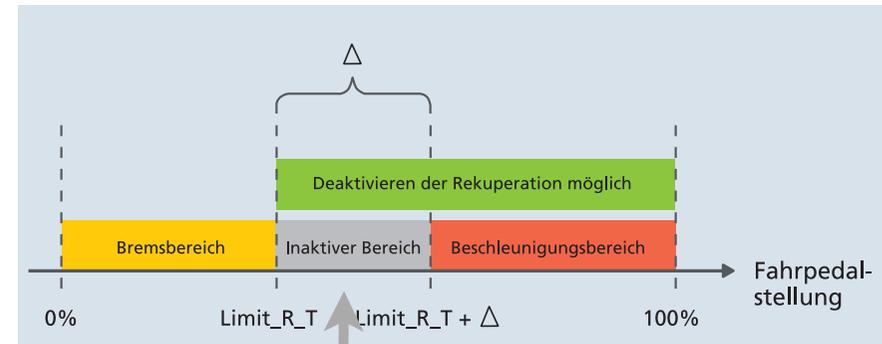
Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.

## Fahrpedal-Logik (4)

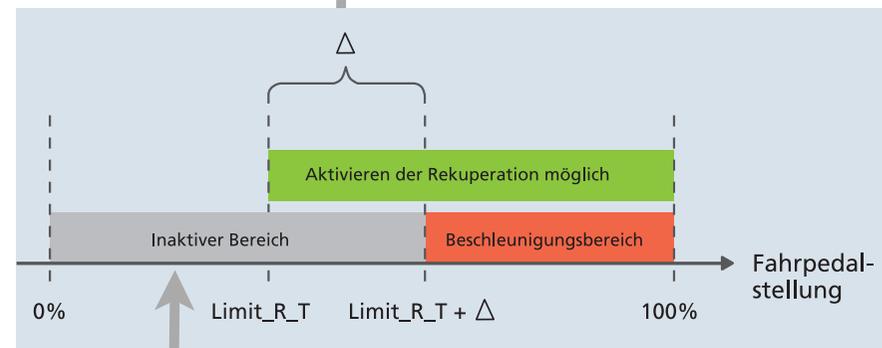
### ■ Inaktiver Bereich

In diesem Bereich wird stets eine Soll-Drehmomentvorgabe von 0 Nm erzeugt und an die DMCs gesendet:

- Von  $\text{LIMIT\_R\_T}$  bis  $(\text{LIMIT\_R\_T} + \Delta)$  der Stellung bei aktiviertem Rekuperieren.
- Von 0 bis  $(\text{LIMIT\_R\_T} + \Delta)$  der Fahrpedalstellung bei nicht erlaubtem bzw. deaktiviertem Rekuperieren.
- DMC Digital Motion Control  
Versorgt die Elektroantriebe mit Wechselspannung.



Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.

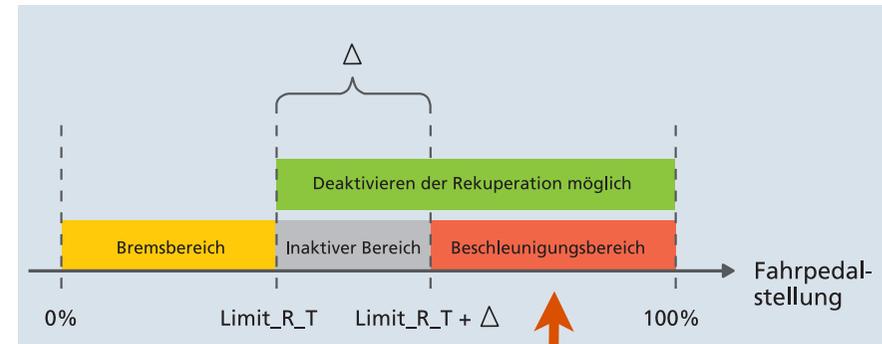


Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.

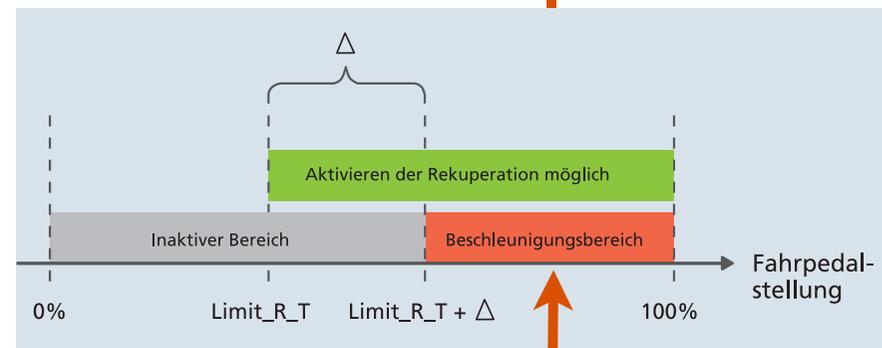
## Fahrpedal-Logik (5)

### ■ Beschleunigungsbereich

In diesem Bereich erfolgt der Antrieb in die durch die Fahrstufe festgelegte Richtung ( $\text{LIMIT\_R\_T} + \Delta$  bis 100 %). Fahrpedalstellung  $\text{LIMIT\_R\_T} + \Delta$  soll einer Soll-Drehmomentvorgabe von 0 % des maximal möglichen antreibenden Schubs, 100 % Fahrpedalstellung dann 100 % des maximal möglichen antreibenden Schubs entsprechen.



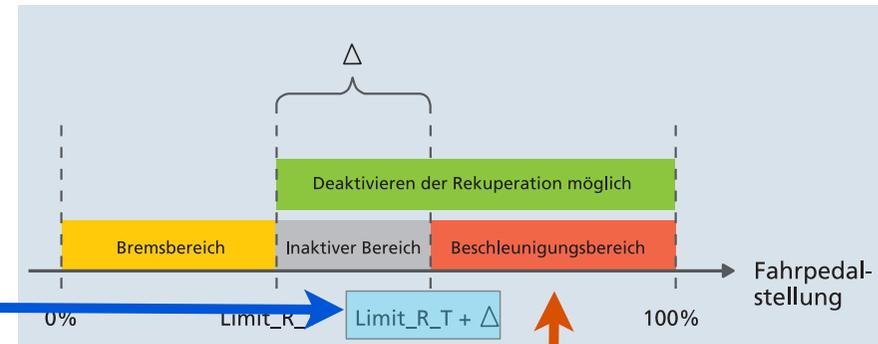
Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.



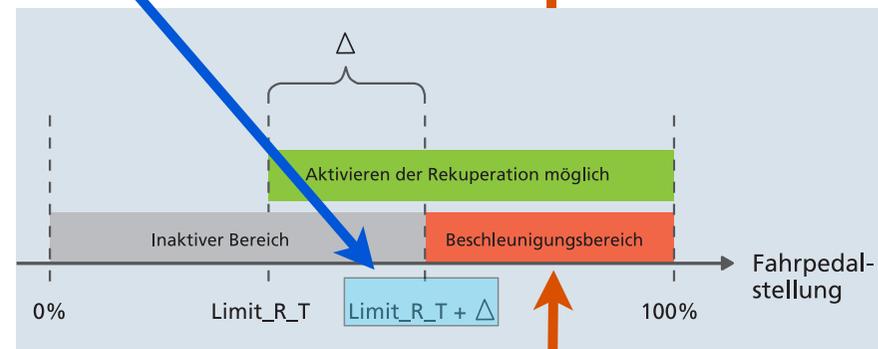
Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.

## ■ Beschleunigungsbereich

In diesem Bereich erfolgt der Antrieb in die durch die Fahrstufe festgelegte Richtung ( $\text{LIMIT\_R\_T} + \Delta$  bis 100 %). **Fahrpedalstellung  $\text{LIMIT\_R\_T} + \Delta$**  soll einer Soll-Drehmomentvorgabe von **0 %** des maximal möglichen antreibenden Schubs, 100 % Fahrpedalstellung dann 100 % des maximal möglichen antreibenden Schubs entsprechen.



Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.

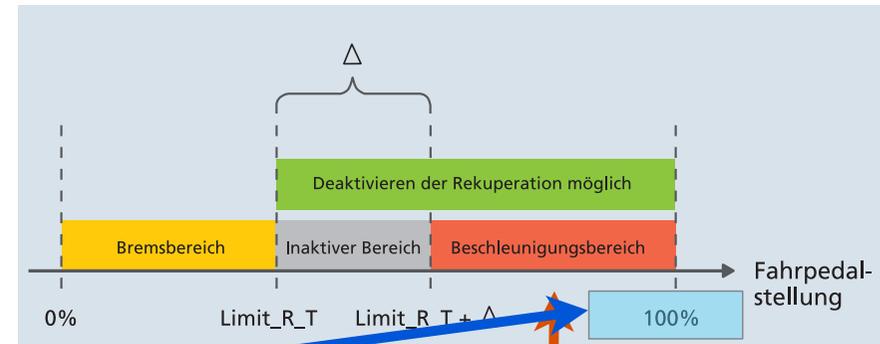


Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.

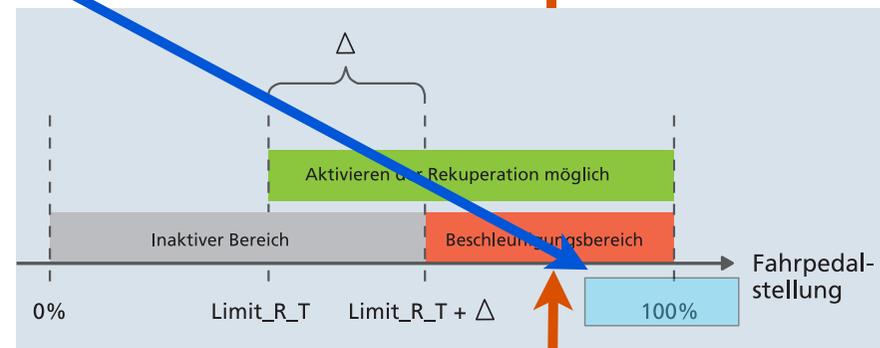
## Fahrpedal-Logik (5)

### ■ Beschleunigungsbereich

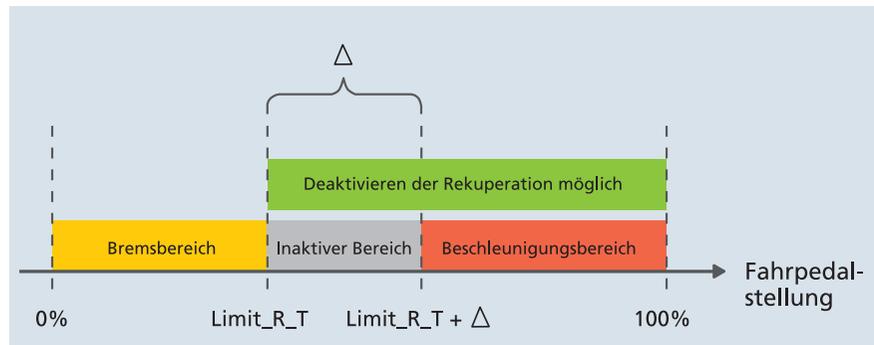
In diesem Bereich erfolgt der Antrieb in die durch die Fahrstufe festgelegte Richtung ( $\text{LIMIT\_R\_T} + \Delta$  bis 100 %). Die Fahrpedalstellung  $\text{LIMIT\_R\_T} + \Delta$  soll einer Soll-Drehmomentvorgabe von 0 % des maximal möglichen antreibenden Schubs, **100 % Fahrpedalstellung** dann **100 %** des maximal möglichen antreibenden Schubs entsprechen.



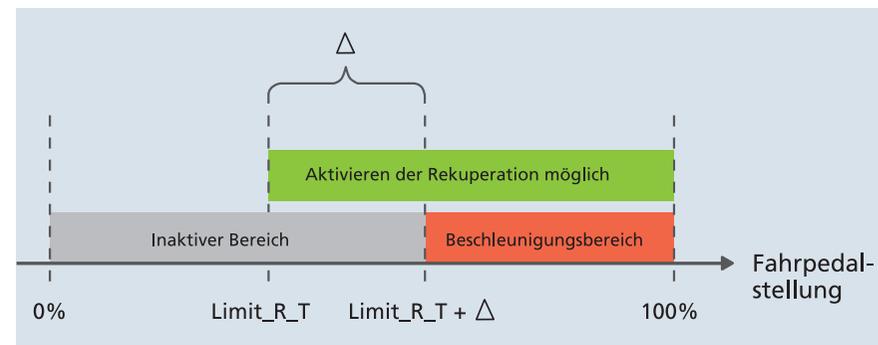
Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.



Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.



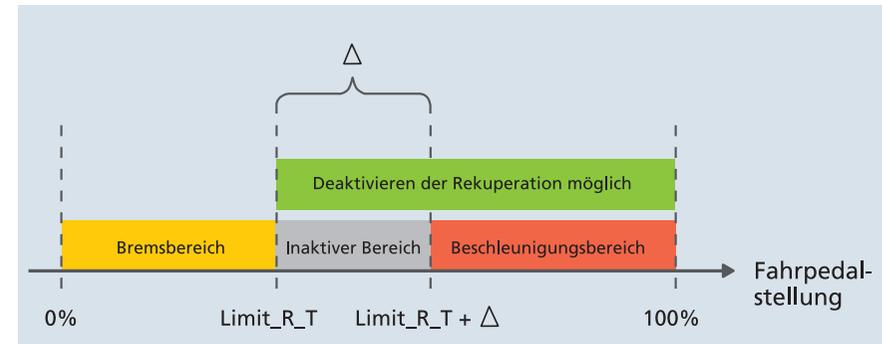
Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.



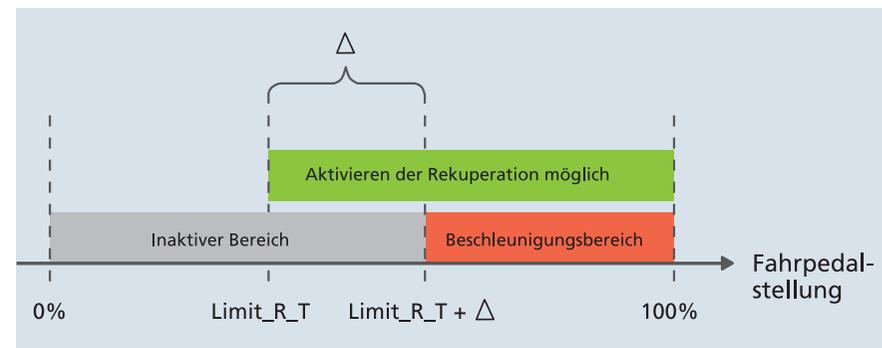
Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.

## Fahrpedal-Logik (7)

- Die Funktion des Rekuperierens darf erst dann deaktiviert werden, wenn sich entweder das Fahrpedal im inaktiven oder im Beschleunigungsbereich befindet. Das heißt, dass zunächst die Aufteilung nach der oberen Abbildung erhalten bleiben soll. Erst wenn die Voraussetzungen erfüllt sind, soll die Aufteilung nach der unteren Abbildung angewendet werden. Somit soll ein plötzlicher Bremskraftverlust während des Bremsvorgangs ausgeschlossen werden.



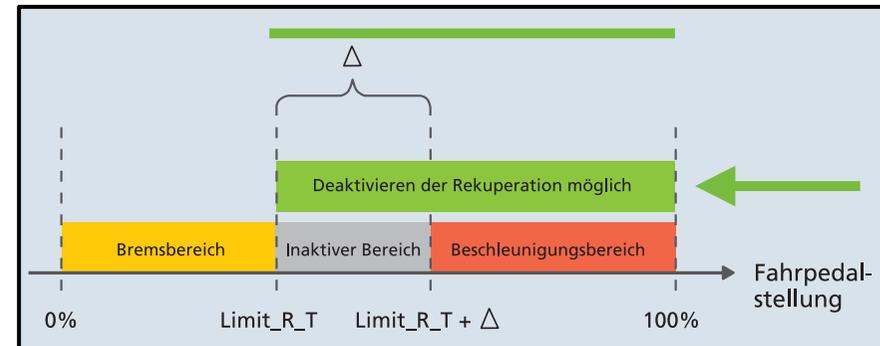
Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.



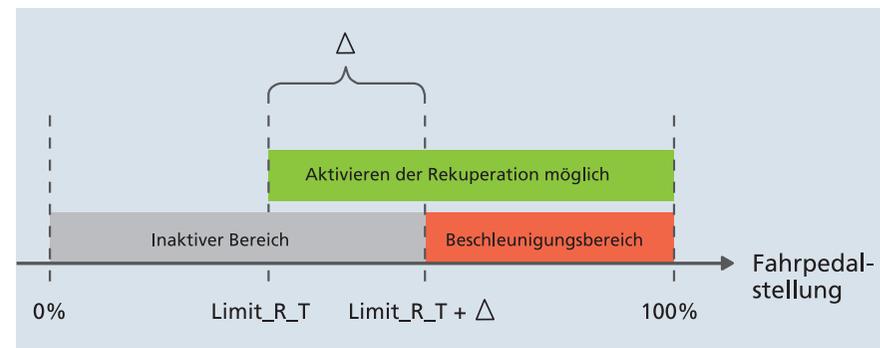
Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.

## Fahrpedal-Logik (7)

- Die Funktion des Rekuperierens darf erst dann deaktiviert werden, wenn sich entweder das Fahrpedal im inaktiven oder im Beschleunigungsbereich befindet. Das heißt, dass zunächst die Aufteilung nach der **oberen Abbildung** erhalten bleiben soll. Erst wenn die Voraussetzungen erfüllt sind, soll die Aufteilung nach der unteren Abbildung angewendet werden. Somit soll ein plötzlicher Bremskraftverlust während des Bremsvorgangs ausgeschlossen werden.



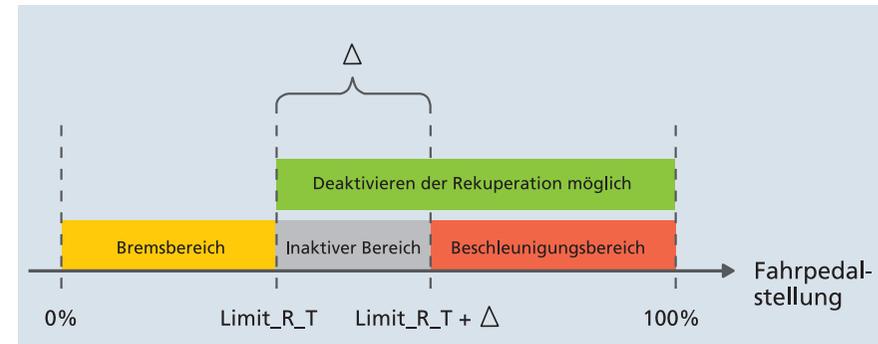
Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.



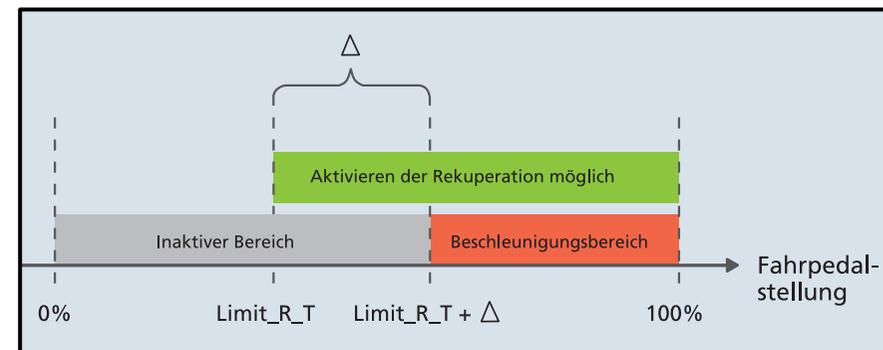
Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.

## Fahrpedal-Logik (7)

- Die Funktion des Rekuperierens darf erst dann deaktiviert werden, wenn sich entweder das Fahrpedal im inaktiven oder im Beschleunigungsbereich befindet. Das heißt, dass zunächst die Aufteilung nach der oberen Abbildung erhalten bleiben soll. Erst wenn die Voraussetzungen erfüllt sind, soll die Aufteilung nach der **unteren Abbildung** angewendet werden. Somit soll ein **plötzlicher Bremskraftverlust** während des Bremsvorgangs **ausgeschlossen** werden.



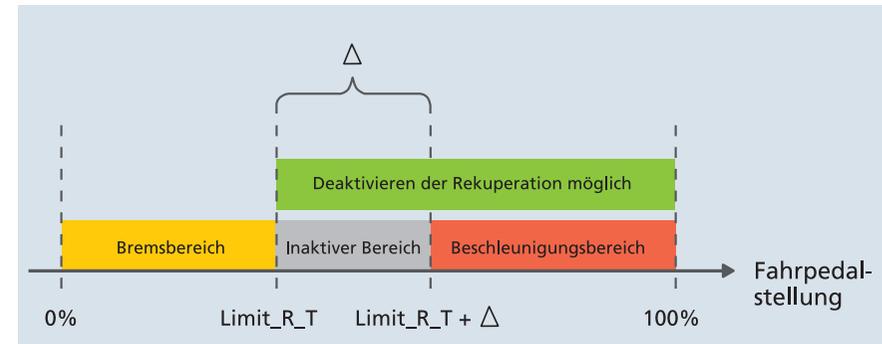
Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.



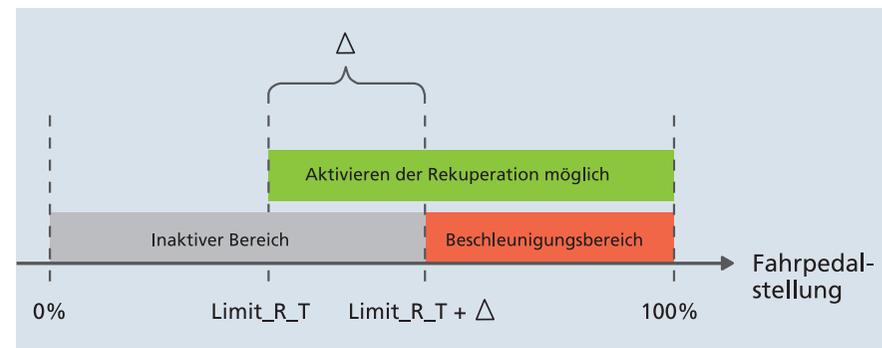
Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.

## Fahrpedal-Logik (8)

- Sollte die Funktion des Rekuperierens nach einiger Zeit wieder zur Verfügung stehen, so soll zunächst die Aufteilung nach der unteren Abbildung bestehen bleiben, bis sich die Stellung des Pedals wieder im Bereich zwischen  $LIMIT\_R\_T$  und  $LIMIT\_R\_T + \Delta$  oder im Beschleunigungsbereich befindet. Erst dann soll wieder die Aufteilung nach der oberen Abbildung gelten. Dadurch soll eine plötzliche Bremsung verhindert werden, mit der der Fahrer möglicherweise nicht rechnet. Der Fahrer wird über ein Signal informiert, ob die Funktion des Rekuperierens aktiviert oder deaktiviert ist.



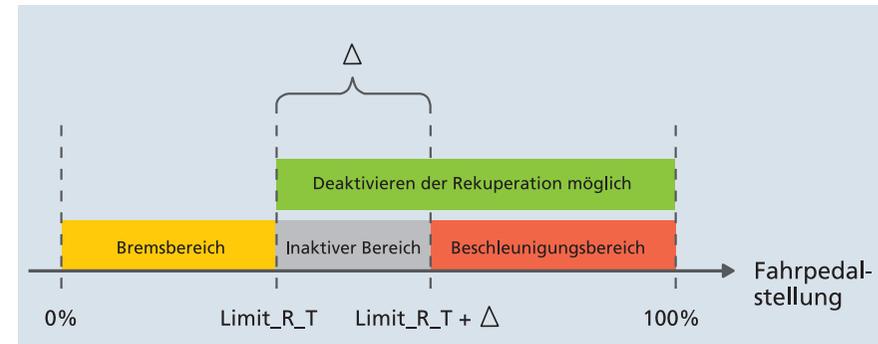
Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.



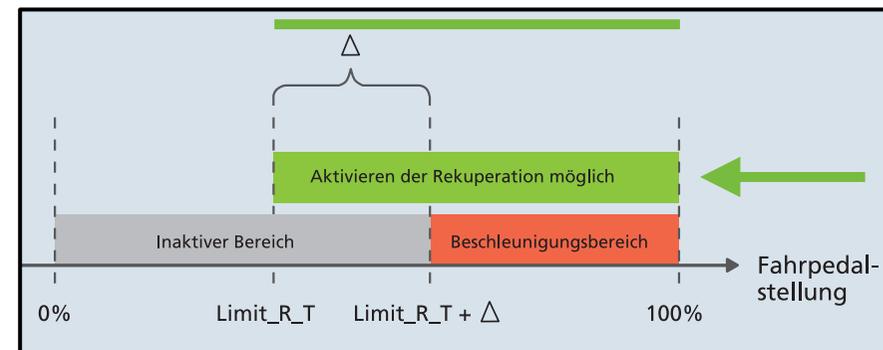
Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.

## Fahrpedal-Logik (8)

- Sollte die Funktion des Rekuperierens nach einiger Zeit wieder zur Verfügung stehen, so soll zunächst die Aufteilung nach der **unteren Abbildung** bestehen bleiben, bis sich die Stellung des Pedals wieder im Bereich zwischen  $LIMIT\_R\_T$  und  $LIMIT\_R\_T + \Delta$  oder im Beschleunigungsbereich befindet. Erst dann soll wieder die Aufteilung nach der oberen Abbildung gelten. Dadurch soll eine plötzliche Bremsung verhindert werden, mit der der Fahrer möglicherweise nicht rechnet. Der Fahrer wird über ein Signal informiert, ob die Funktion des Rekuperierens aktiviert oder deaktiviert ist.



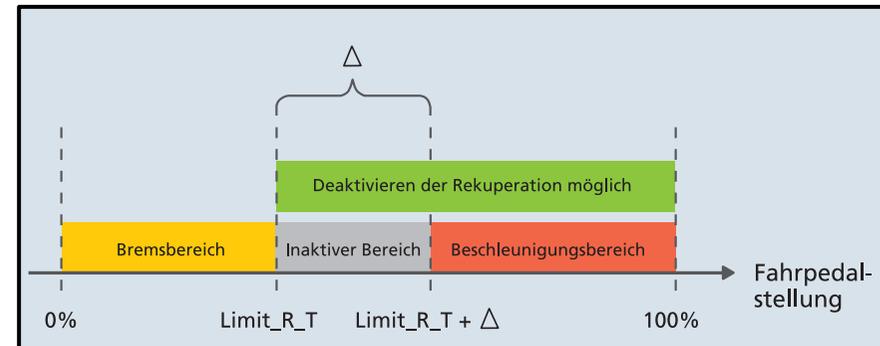
Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.



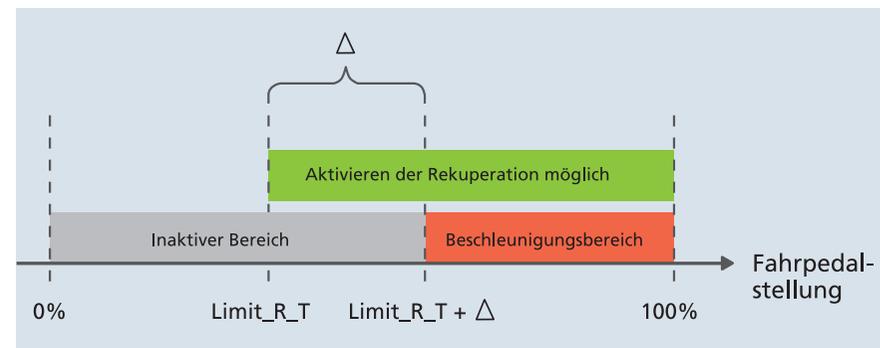
Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.

## Fahrpedal-Logik (8)

- Sollte die Funktion des Rekuperierens nach einiger Zeit wieder zur Verfügung stehen, so soll zunächst die Aufteilung nach der unteren Abbildung bestehen bleiben, bis sich die Stellung des Pedals wieder im Bereich zwischen  $\text{LIMIT\_R\_T}$  und  $\text{LIMIT\_R\_T} + \Delta$  oder im Beschleunigungsbereich befindet. Erst dann soll wieder die Aufteilung nach der **oberen Abbildung** gelten. Dadurch soll eine **plötzliche Bremsung verhindert** werden, mit der der Fahrer möglicherweise nicht rechnet. Der Fahrer wird über ein Signal informiert, ob die Funktion des Rekuperierens aktiviert oder deaktiviert ist.



Fahrpedalkennlinie bei aktiviertem Rekuperieren.



Fahrpedalkennlinie bei deaktiviertem Rekuperieren.