



# **Die Modelica Bibliothek Alternative Vehicles zur Gesamtfahrzeugsimulation**

ASIM, Winterthur, Schweiz, 7.– 9. September 2011

Thomas Braig, Holger Dittus, Jörg Ungethüm, Tobias Engelhardt  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.



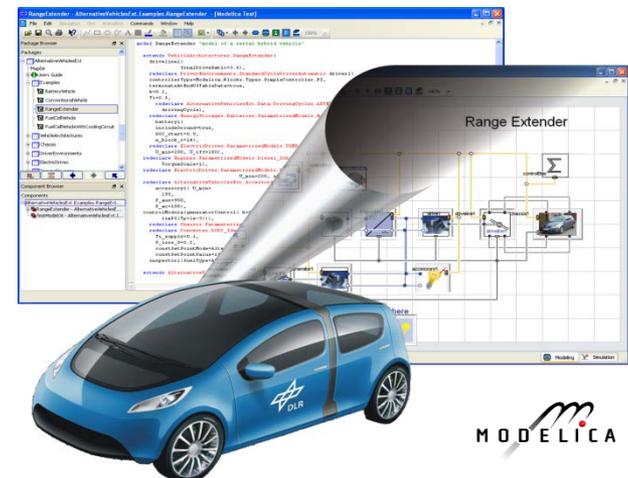
# Gliederung

- Motivation
- Alternative Vehicles - Überblick
- Anwendungsbeispiel: Paralleler Hybrid
  - Modellierung Fahrzeugarchitektur, Betriebsstrategie, Steuergerät (Hybrid Control Unit, HCU)
  - Simulationsbeispiel: Vergleich Mercedes S 400 H mit S 350
- Zusammenfassung

# Motivation

## DLR Institut für Fahrzeugkonzepte

- Reduktion von CO2 und Energiebedarf
- neue Fahrzeugkonzepte: Hybrid-, Brennstoffzellen-, batterieelektrische Fahrzeuge
- Komponenten (Energiespeicher und -wandler, z.B. Brennstoffzellensysteme)
- Aufbau von Forschungsfahrzeugen (z.B. Hylite Brennstoffzellenfahrzeug)
- Szenariotool Vector21
- Gesamtfahrzeugsimulationen erforderlich
- Modelica-Bibliothek AlternativeVehicles



# Alternative Vehicles

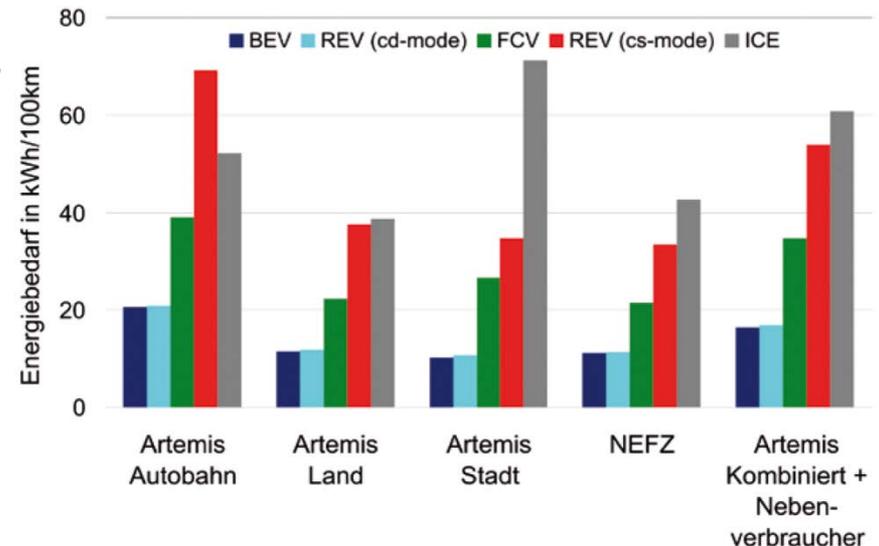
## Überblick

Wesentliche Inhalte der Bibliothek:

- Gesamtfahrzeugarchitekturen
- Energiespeicher
- Energiewandler
- Fahrermodelle und Fahrzyklen

Anwendung:

- Berechnung der Energiebedarfe für verschiedene Fahrzeugkonzepte, Dimensionierungen, Fahrzyklen, Betriebsstrategien etc.
- Energetische Beurteilung einzelner Komponenten im Gesamtfahrzeug (z.B. thermoelektrischer Generator)
- Entwicklung von Betriebsstrategien



# Gliederung

- Motivation
- Alternative Vehicles - Überblick
- **Anwendungsbeispiel: Paralleler Hybrid**
  - Modellierung Fahrzeugarchitektur, Betriebsstrategie, Steuergerät (Hybrid Control Unit, HCU)
  - Simulationsbeispiel: Vergleich Mercedes S 400 H mit S 350
- Zusammenfassung

# Anwendungsbeispiel: Paralleler Hybrid

## Grundlagen

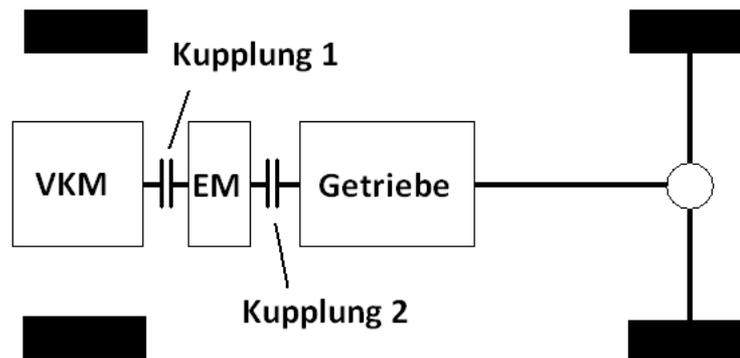
- Relativ einfach und kostengünstig in ein bestehendes Fahrzeugkonzept einzubinden
- VM und EM parallel angeordnet
- Gute Wirkungsgrade wegen direkter mechanischer Verbindung von Verbrennungsmotor (VM) und Elektromotor (EM) mit den Rädern
- Je nach Dimensionierung von Elektromotor(en) und Energiespeicher wird in Mikro-, Mild- oder Voll-Hybrid unterschieden



Mercedes S400Hybrid



Honda Civic Hybrid

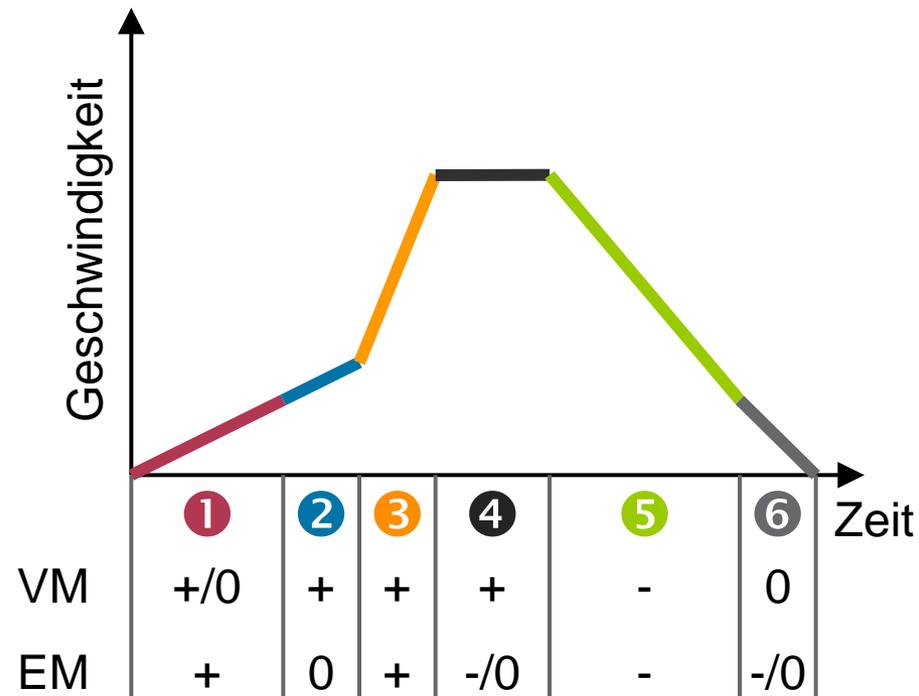


# Paralleler Hybrid

## Grundlagen / mögl. Betriebsstrategie (für Mild Hybrid)

Betriebsarten:

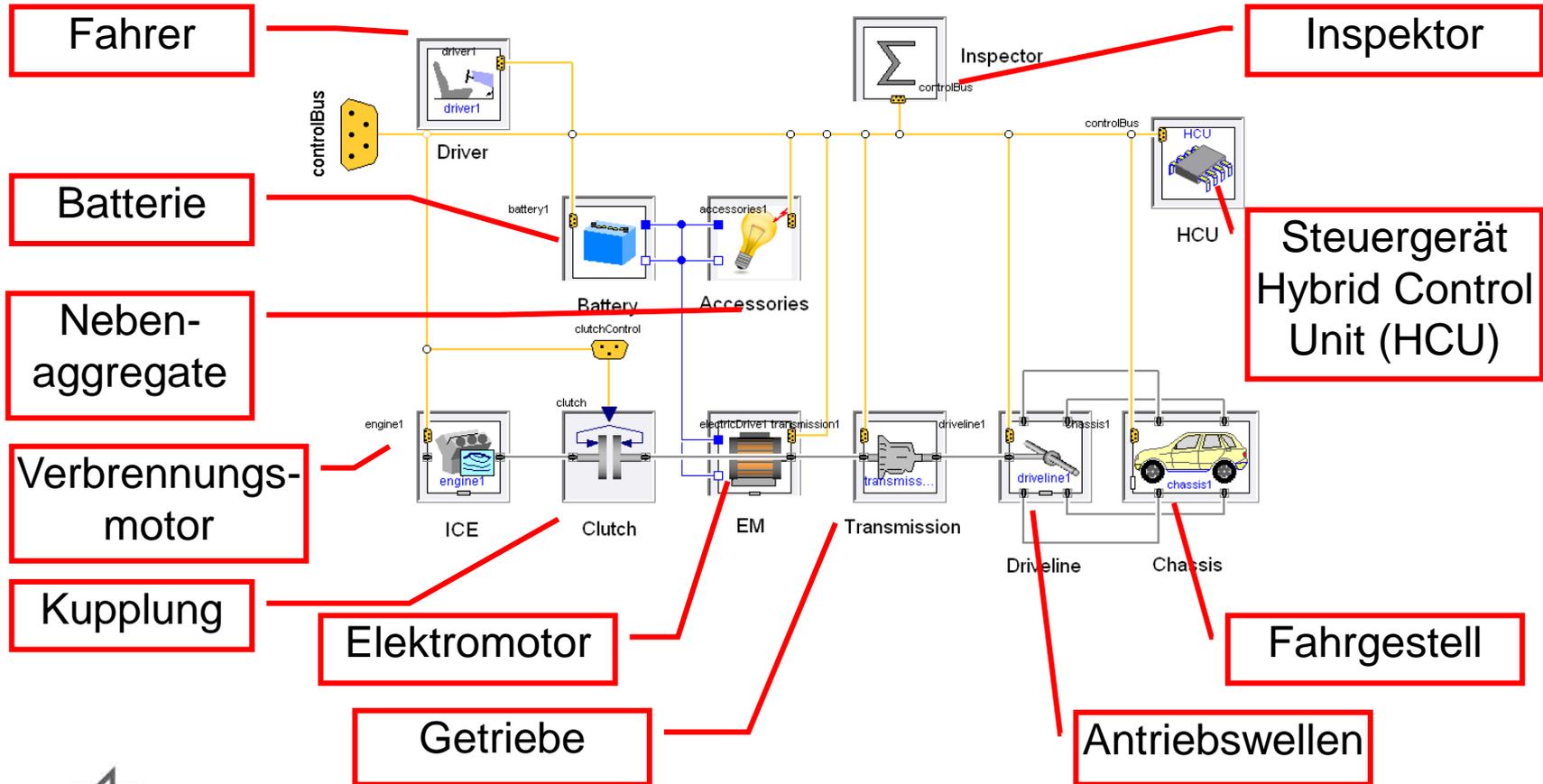
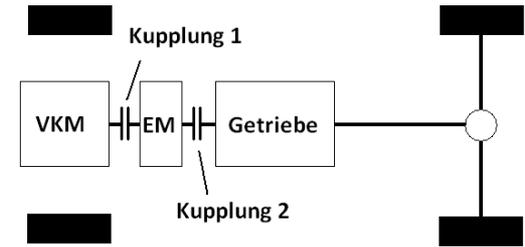
- **1** Anfahren: rein elektrisch oder elektrisch unterstützt
- **2** rein verbrennungsmotorisch
- **3** Elektrischer Boost
- **4** Lastpunktanhebung
- **5** Rekuperieren
- **6** Start-Stop (VM aus)



# Gliederung

- Motivation
- Alternative Vehicles - Überblick
- Anwendungsbeispiel: Paralleler Hybrid
  - **Modellierung Fahrzeugarchitektur, Betriebsstrategie, Steuergerät (Hybrid Control Unit, HCU)**
  - Simulationsbeispiel: Vergleich Mercedes S 400 H mit S 350
- Zusammenfassung

# Paralleler Hybrid Modellierung / Fahrzeugarchitektur



Fahrer

Batterie

Neben-  
aggregate

Verbrennungs-  
motor

Kupplung

Elektromotor

Getriebe

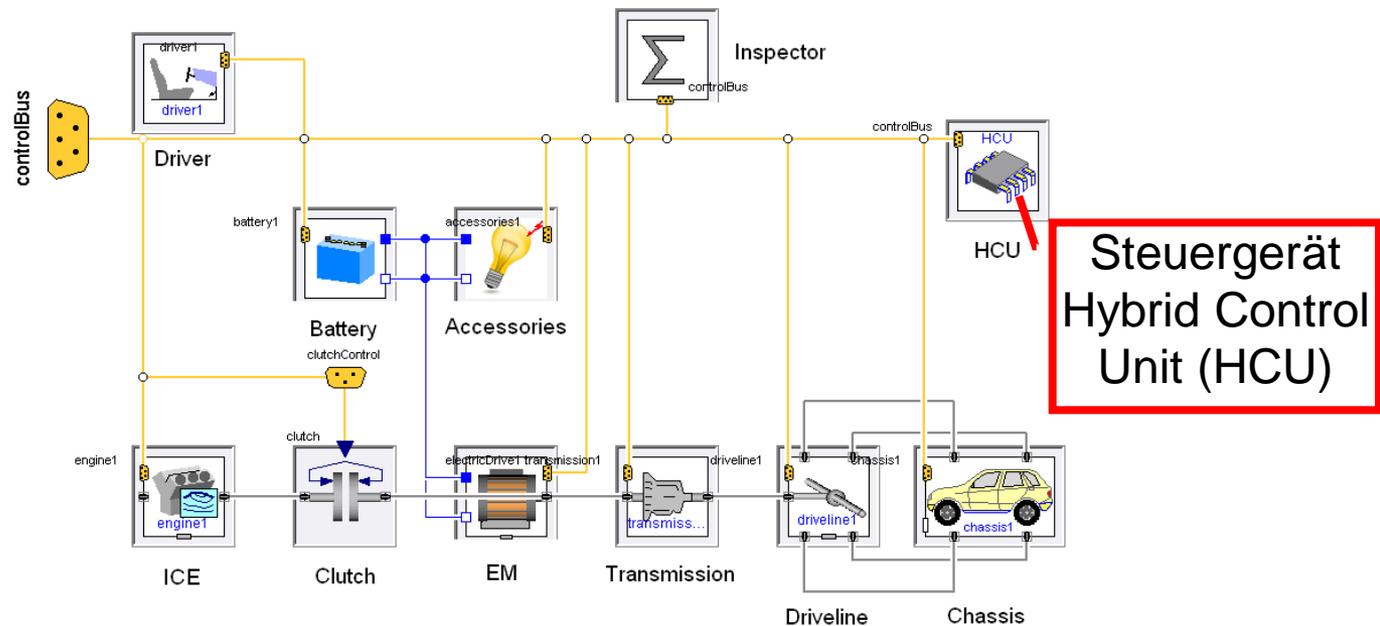
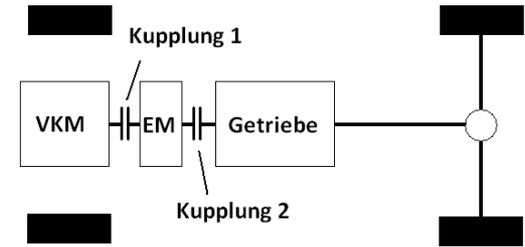
Inspektor

Steuergerät  
Hybrid Control  
Unit (HCU)

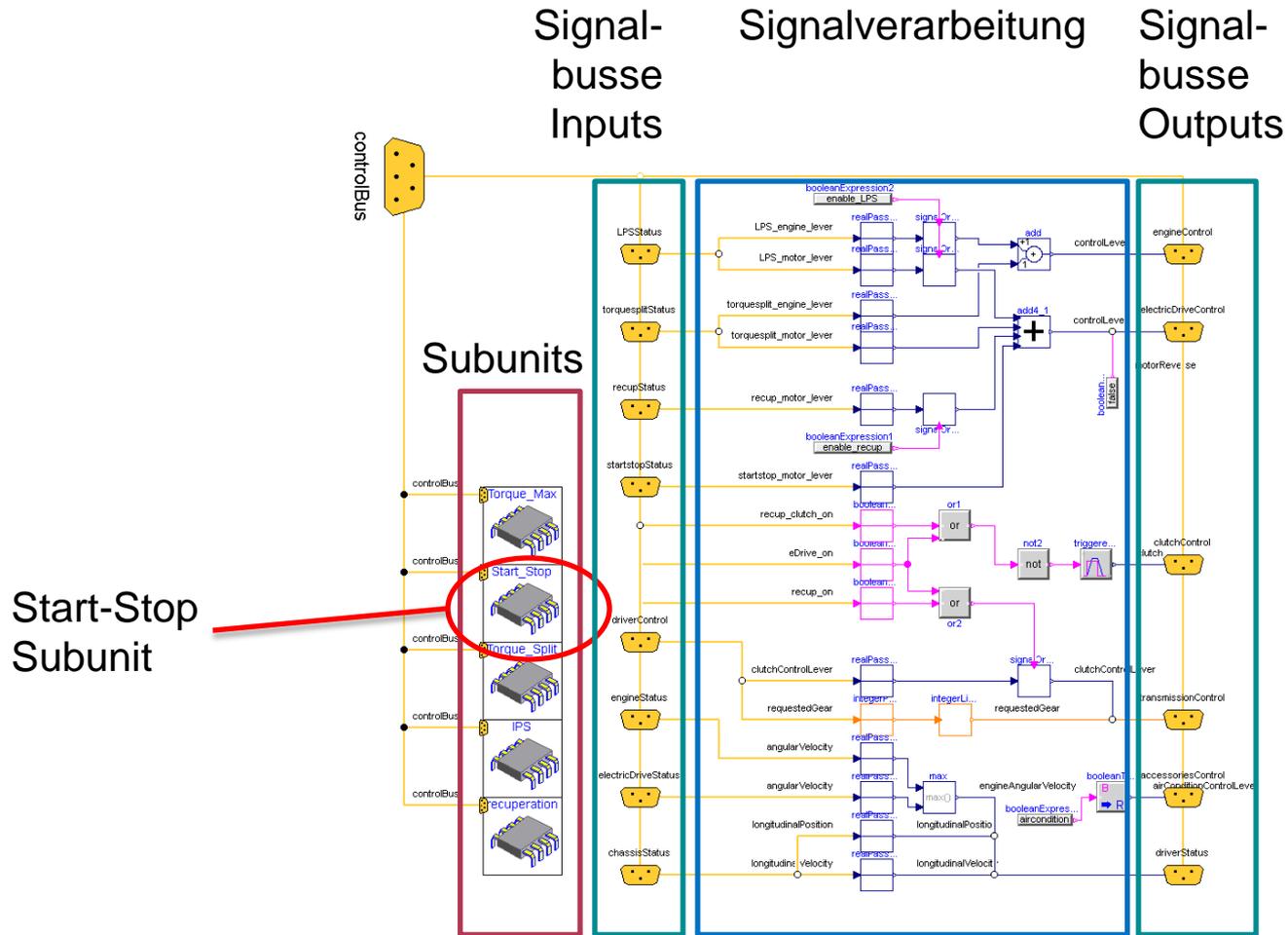
Fahrgestell

Antriebswellen

# Paralleler Hybrid Modellierung / Hybrid Control Unit



# Paralleler Hybrid Modellierung / Hybrid Control Unit (HCU)



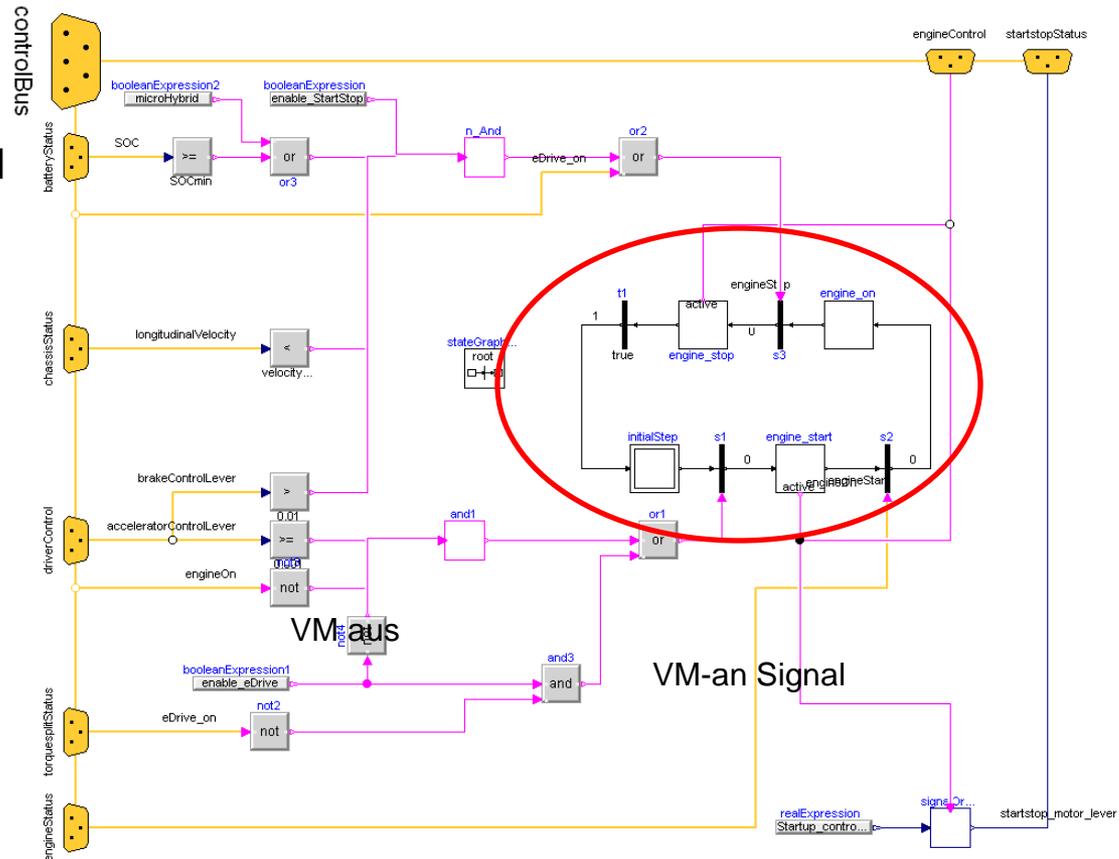
Start-Stop  
Subunit

# Paralleler Hybrid

## Modellierung / Hybrid Control Unit / Start-Stop Subunit

Input:

- Batterieladestand
- Geschwindigkeit
- Bremspedal
- Gaspedal



Output an:

- VM
- EM



# Gliederung

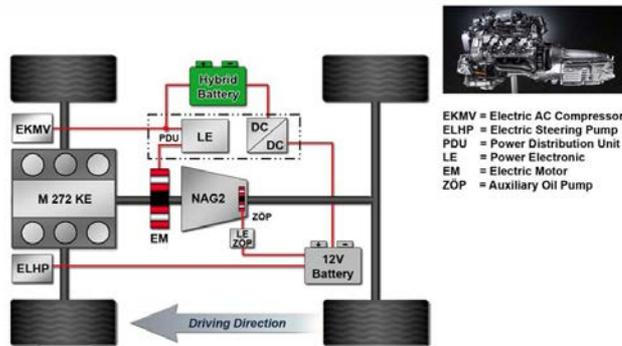
- Motivation
- Alternative Vehicles - Überblick
- Anwendungsbeispiel: Paralleler Hybrid
  - Modellierung Fahrzeugarchitektur, Betriebsstrategie, Steuergerät (Hybrid Control Unit, HCU)
  - **Simulationsbeispiel: Vergleich Mercedes S 400 H mit S 350**
- Zusammenfassung



# Paralleler Hybrid

Simulationsbeispiel / Technische Daten (Literatur)

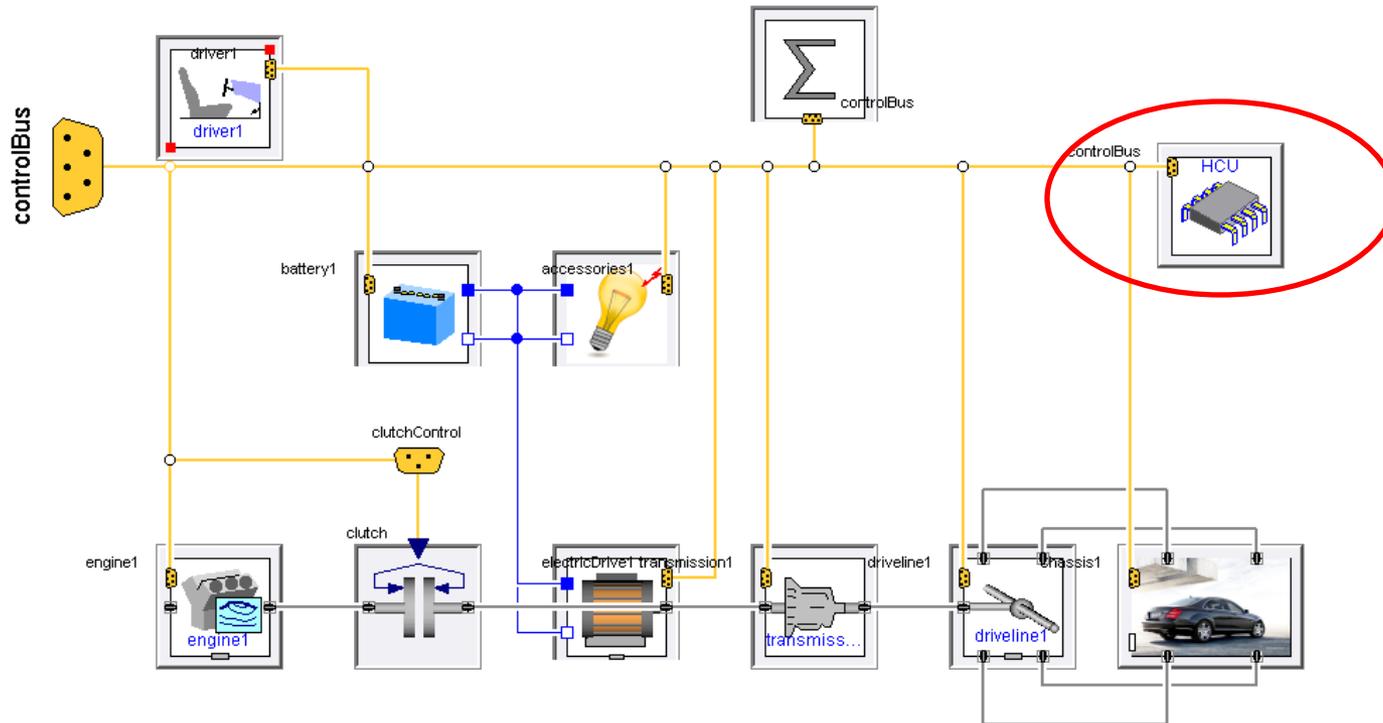
Mercedes-Benz S 400 BlueHYBRID und S 350



	S 400 H	S 350
Leistung VM [kW]	205	200
Leistung EM [kW]	15	-
Leistung Generator [kW]	19	-
0 – 100 km/h [s]	7,2	7,3
Höchstgeschw. [km/h] (ohne EM)	250	250
Gewicht [kg]	1955	1895
Verbrauch im NEFZ [l/100km]	7,9-8,1	10,1-10,3
CO2-Emiss. [g/km]	186-189	242-247

# Paralleler Hybrid

## Simulationsbeispiel / Parametrisierung

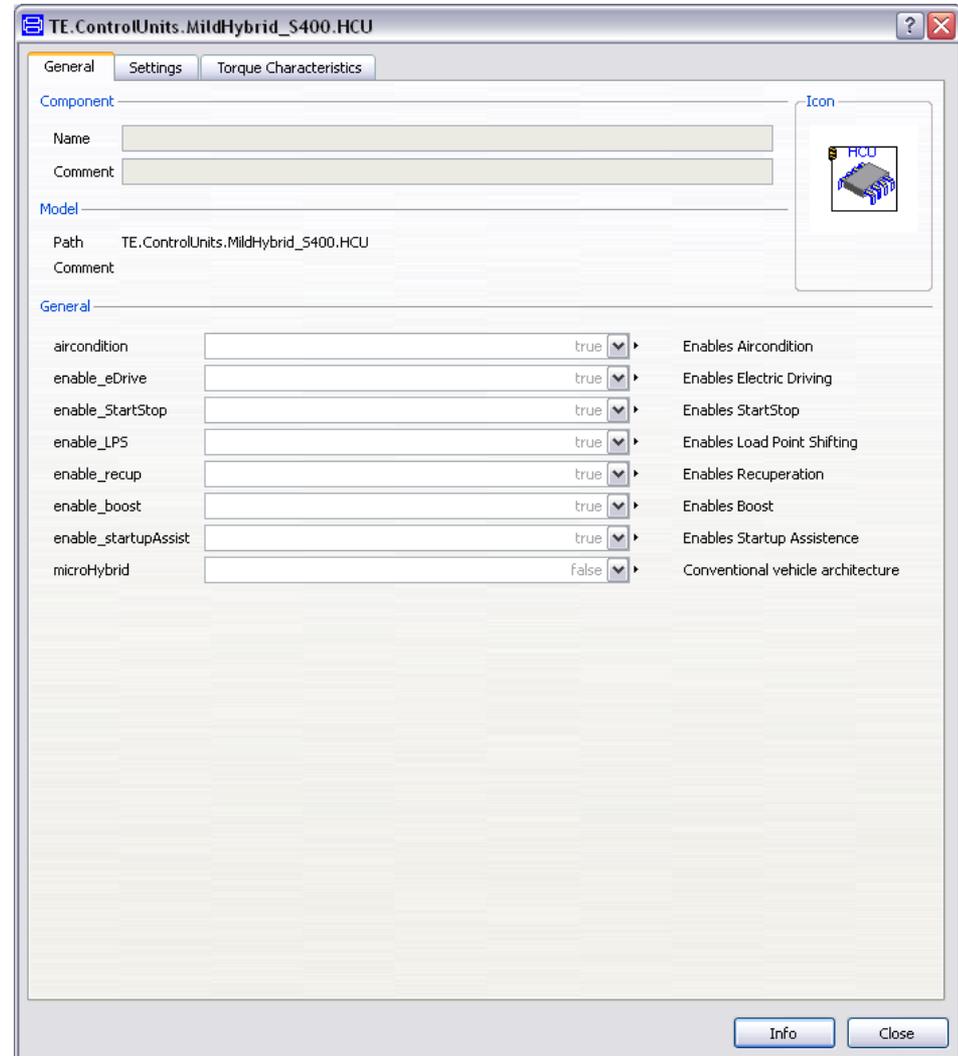


# Paralleler Hybrid

## Simulationsbeispiel / Parametrisierung

### General

- airconditioning (auxiliaries)
- enable\_eDrive
- enable\_StartStop
- enable\_LPS
- enable\_recup
- enable\_boost
- enable\_startupAssist
- enable\_microHybrid



# Paralleler Hybrid

## Simulationsbeispiel / Parametrisierung

### Settings

- Boost
- Electric Driving
- Start Stop
  - SOCmin
  - velocity\_stop
  - Startup\_controlLevel
- Load Point Shift
- Recuperation

The screenshot shows a software window titled "TE.ControlUnits.MildHybrid\_S400.HCU" with three tabs: "General", "Settings", and "Torque Characteristics". The "Settings" tab is active, displaying a list of parameters grouped into sections: Boost, Electric Driving, Start Stop, Load Point Shifting, and Recuperation. Each parameter has a text input field with a numerical value and a description of its function.

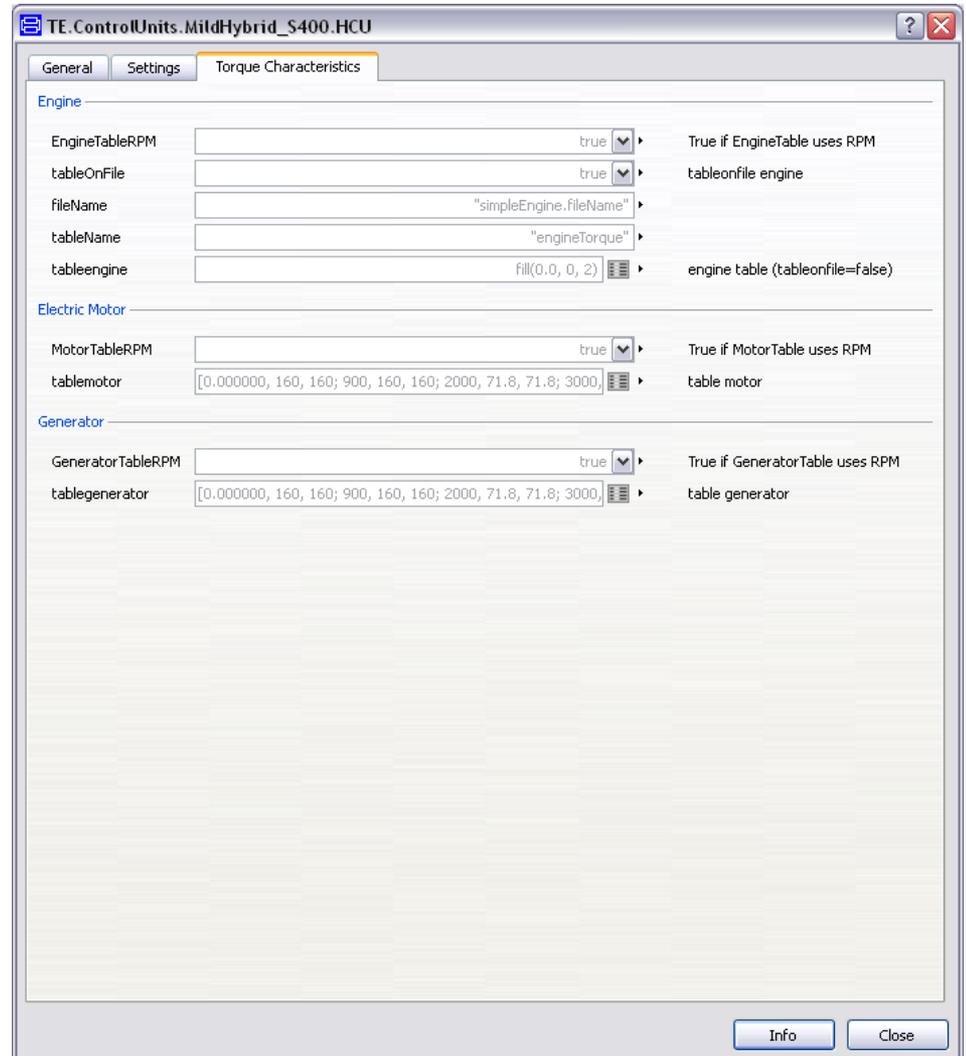
Parameter	Value	Unit	Description
accelerator_boost	0.8		Minimum AcceleratorControlLevel for Electric Boost. Caution: 1 causes division by 0
startup_assist	1		EM controlLevel gain for startup assistance
<b>Electric Driving</b>			
T_engineStart	50	N.m	Torque required for ICE start
clutchduration	0.5	s	Clutch closing time
velocity_eDrive	8	m/s	Maximum velocity for Electric Driving
SOCmin_eDrive	0.65		Minimum SOC for Electric Driving
<b>Start Stop</b>			
SOCmin	0.6		Minimum SOC for EngineStop
velocity_stop	2	m/s	EngineStop velocity
Startup_controlLevel	0.8		EM controlLevel to start ICE
<b>Load Point Shifting</b>			
LPS_acceleratorControlLevel	0.2		Maximum engine load for LPS
LPS_SOC	0.85		Maximum SOC for LPS
LPS_bestpoint	0.8		Estimated most efficient engine load
velocity_LPS	5	m/s	Minimum Velocity for LPS
derivative_vel	0.01		Velocity derivative
<b>Recuperation</b>			
SOCmax	0.85		Maximum SOC for recuperation
recup_brakeoffset	0.3		Mech. Brake offset
power_discs	70000	W	Average mechanic braking power (driven axis)
power_EM	10000	W	Generator Power of the EM
recup_opt	true		Optimized recuperation
recup_clutch_open	true		Opens clutch1 during Recuperation
rearwheeldrive	true		

# Paralleler Hybrid

## Simulationsbeispiel / Parametrisierung

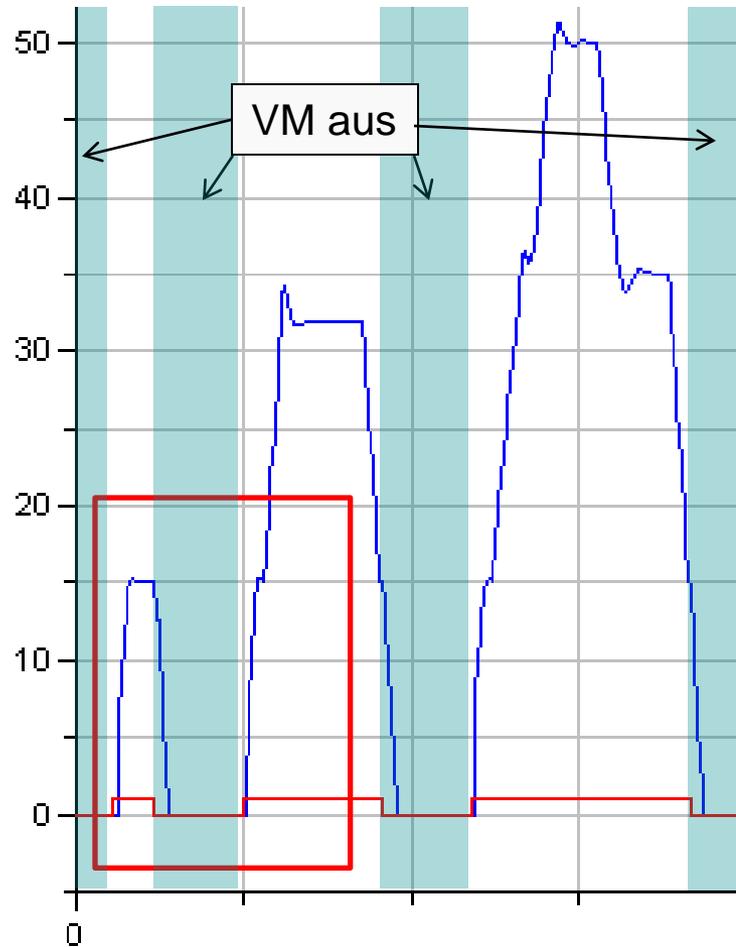
### Torque Characteristics

- Engine
- ElectricMotor
- Generator



# Paralleler Hybrid

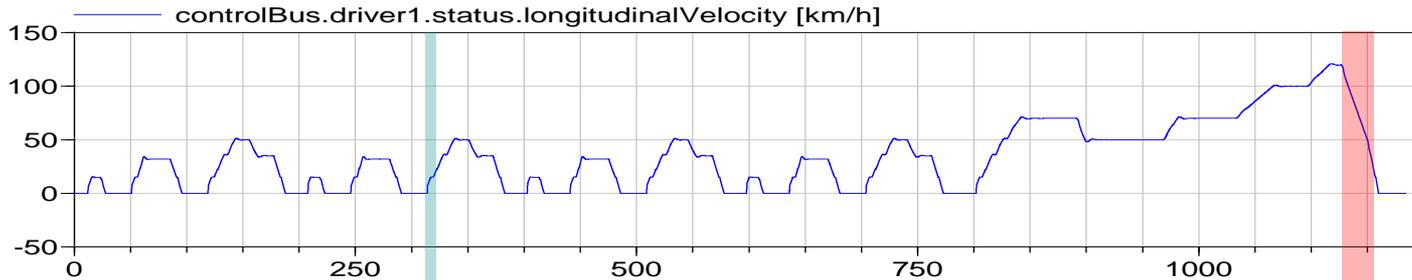
## Simulationsbeispiel / Ergebnisse (NEFZ) S 400 H Start-Stop



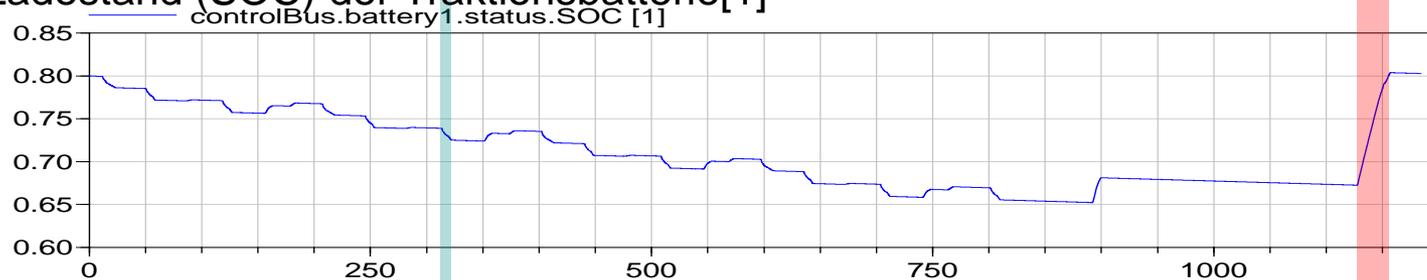
# Paralleler Hybrid

## Simulationsbeispiel / Ergebnisse (NEFZ) S 400 H

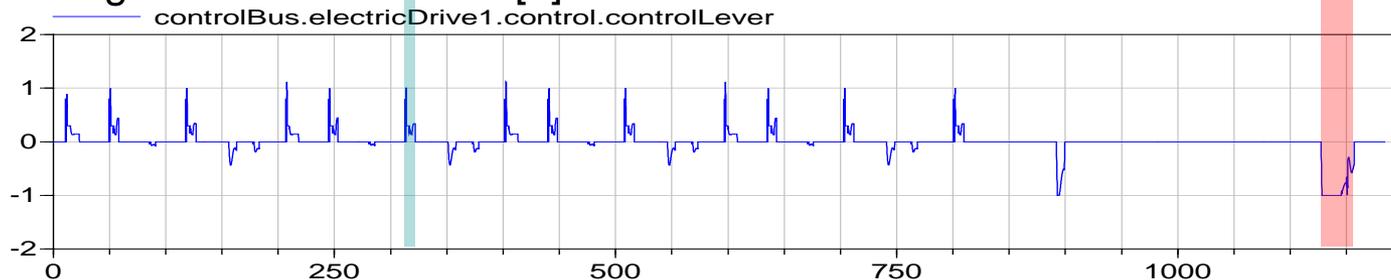
Fahrzeuggeschwindigkeit [km/h]



Ladestand (SOC) der Traktionsbatterie[1]



Steuersignal für Elektromotor [1]



el. unterstütztes Anfahren

Zeit [s]

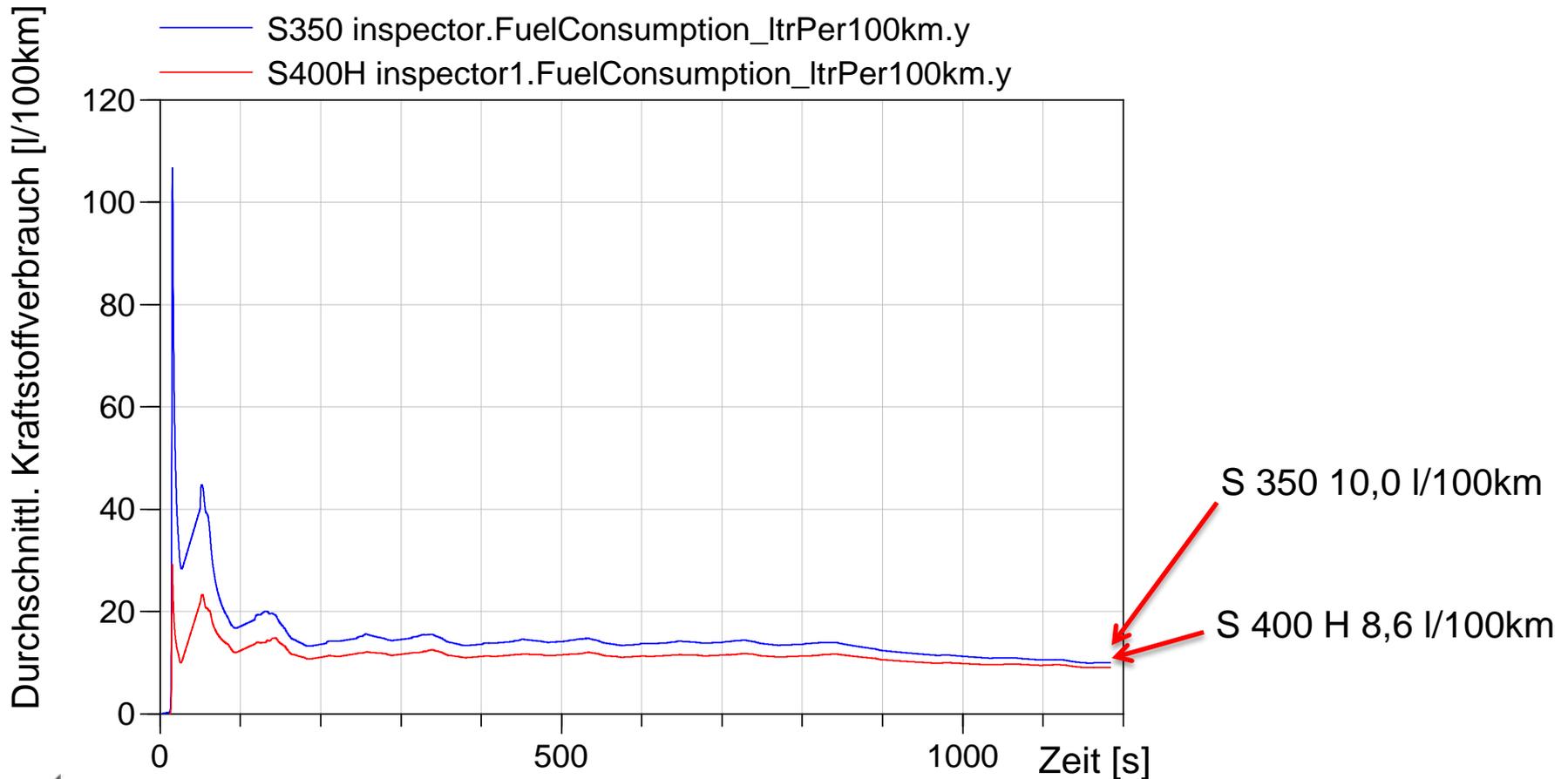
Rekuperieren



# Paralleler Hybrid

Simulationsbeispiel / Ergebnisse (NEFZ)

Durchschnittl. Kraftstoffverbrauch: S 400 H und S 350



# Paralleler Hybrid

## Simulationsbeispiel / Ergebnisse

### Simulierter Kraftstoffverbrauch

- S 350: 10,0 l/100km (Herstellerangabe: 10,1-10,3 l/100km)
- S 400 H: 8,6 l/100km (Herstellerangabe: 7,9-8,1 l/100km)

### Ursachen für die Abweichung des S 400 H Modells:

- tatsächliche Betriebsstrategie nicht bekannt
- SOC Bewertung (Endwert, Verbrauchskorrekturfaktor unbekannt)



# Zusammenfassung

## Die Alternative Vehicles-Bibliothek

- Diverse alternative Fahrzeugarchitekturen, Energiespeicher und Energiewandler enthalten (überwiegend kennfeldbasiert und einfach parametrisierbar)
- Berechnung der Energiebedarfe für verschiedene Fahrzeugkonzepte, Dimensionierungen, Fahrzyklen, Betriebsstrategien etc.
- Energetische Beurteilung einzelner Komponenten im Gesamtfahrzeug
- Kommerziell erhältlich, offener Quellcode, flexibel, ideal als Basis für Eigenentwicklungen geeignet
- Interessant v. a. für Automobilhersteller, -zulieferer, Hochschulen



# **Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!**

---



**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

**Institut für Fahrzeugkonzepte**

---

# **Ich freue mich auf Ihre Fragen!**