

# Das Auto der Zukunft

DLR Schülerwochen

Dipl.-Wirt.-Ing. Martin Redelbach  
Institut für Fahrzeugkonzepte  
Stuttgart, 25. Mai 2011



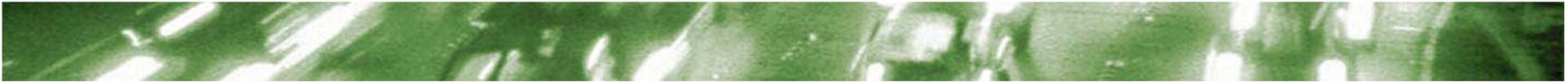
Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# Agenda

- 
- Überblick DLR
  - Forschungsfeld Verkehr
  - Institut für Fahrzeugkonzepte
  - Das Auto der Zukunft
- 





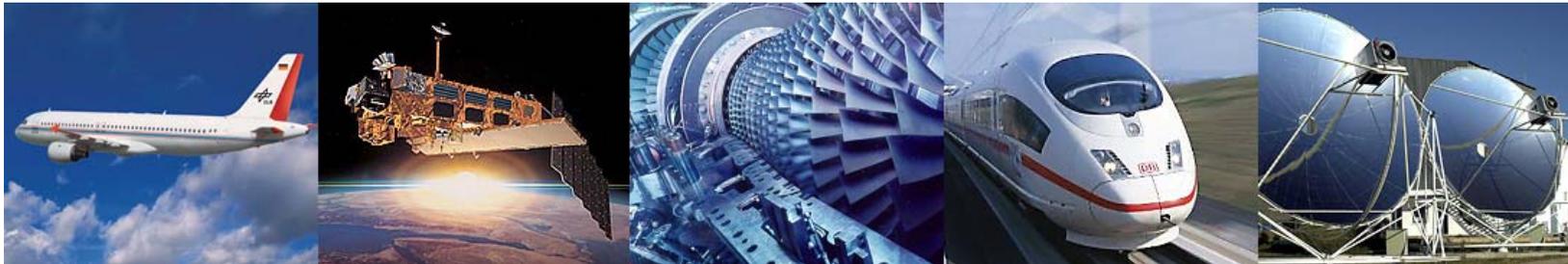
# Agenda

- **Überblick DLR**
  - Forschungsfeld Verkehr
  - Institut für Fahrzeugkonzepte
  - Das Auto der Zukunft
- 





## Das DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt



- Forschungseinrichtung
- Raumfahrt-Agentur
- Projektträger



# DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

■ Luftfahrt

■ Raumfahrt

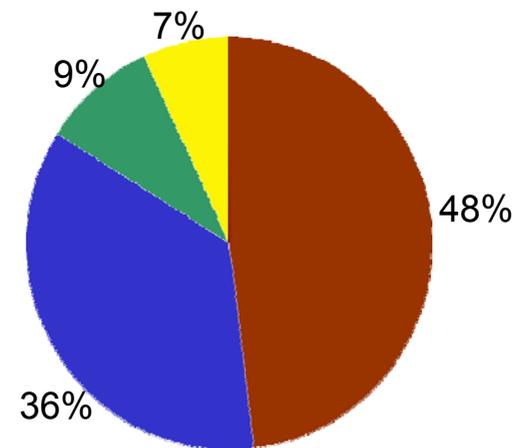
■ Energie

■ Verkehr

## Anteil der Geschäftsfelder

Prozent, 2008

Gesamt: 463 Mio. €





## Standorte und Personal

6.900 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten in 33 Instituten und Einrichtungen in

■ 13 Standorten.

Büros in Brüssel,  
Paris und Washington.





# DLR Standort Stuttgart

**1961**

- DLR:  
Stuttgart-Vaihingen

**2010**

- 570 Mitarbeiter  
(2007: 480 MA)

davon ca.  
324 Wissenschaftler,  
92 gewerblich-technische und  
kaufmännische Mitarbeiter,  
30 Auszubildende



1961



## DLR Standort Stuttgart

- Außerdem  
ca. 20 Doktoranden und  
89 Diplomanden  
und Studenten
  
- Institute:
  - Institut für Fahrzeugkonzepte
  - Institut für Bauweisen- und  
Konstruktionsforschung
  - Institut für Technische Physik
  - Institut für Technische  
Thermodynamik
    - 01.01.2010 Solarforschung
  - Institut für Verbrennungstechnik



**2007**



# DLR Standort Stuttgart

## 2011 – Jubiläumsjahr

- Der DLR-Standort in Stuttgart Vaihingen feiert seinen 50. Geburtstag
- [www.DLR.de/stuttgart2011](http://www.DLR.de/stuttgart2011)
- [www.Facebook.com/dlrstuttgart](http://www.Facebook.com/dlrstuttgart)
- [www.Twitter.com/DLR\\_Stuttgart](http://www.Twitter.com/DLR_Stuttgart)





# DLR Standort Stuttgart

**2011 – Jubiläumsjahr**

➤ **Highlight:**

Tag der offenen Tür

16. Juli 2011

13 bis 19 Uhr





# Agenda

- 
- Überblick DLR
  - **Forschungsfeld Verkehr**
  - Institut für Fahrzeugkonzepte
  - Das Auto der Zukunft
- 



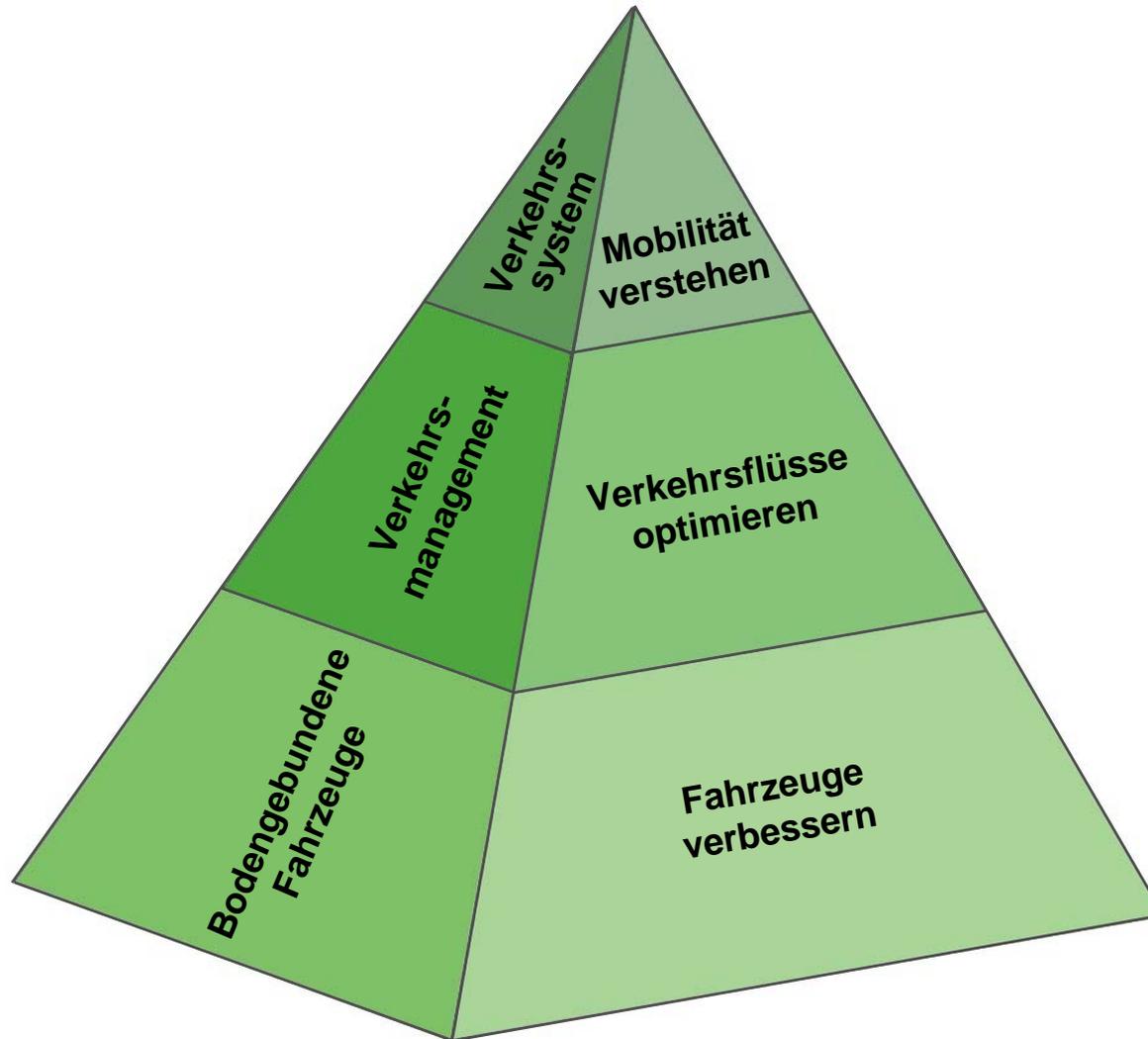


## Verkehr – Rahmenbedingungen

- Gründung 1999
- Etablierung ab 2001
- Nutzung vorhandener Kompetenzen
- Aufbau von 3 Instituten und Programmatik
  - Institut für Fahrzeugkonzepte
  - Institut für Verkehrsforschung
  - Institut für Verkehrssystemtechnik



# Verkehr – Systemischer Ansatz





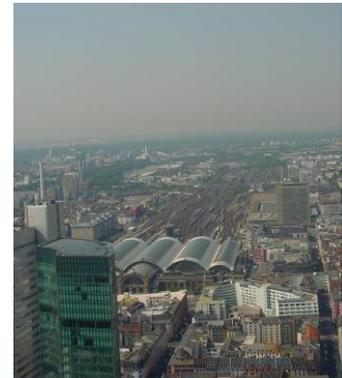
# Mobilität – Essenziell für Volkswirtschaften

- **Sichert und fördert wirtschaftliche Entwicklung**
    - Verkehr stellt mehr als 18 Millionen Arbeitsplätze in der EU
    - Automobilindustrie sorgt für weitere 14 Millionen Arbeitsplätze
    - Verkehr hält 13% Anteil am EU BIP
  - Ermöglicht kulturelle und sportliche Veranstaltungen
  - Befriedigt persönliche Bedürfnisse
- ⇒ Bedarf für schnellen, zuverlässigen und sicheren Verkehr



# Mobilität – Negative Auswirkungen

- 7.500 Kilometer Stau im Straßenverkehr
  - 16.000 Kilometer Engpässe im Schienenverkehr
  - 40.000 Tote durch Unfälle im Straßenverkehr
  - 1.000.000 verspätete Flüge im Luftverkehr
  - 200.000.000 Belästigte durch Verkehrslärm
  - 30% Anteil am Energieverbrauch
- ⇒ Verschärfung mit steigender Verkehrsnachfrage





# Mobilität – Zentrale Herausforderungen

Nachhaltige Mobilität erreichen in einer Interessenbalance von

- Wirtschaft
- Gesellschaft
- Umwelt

durch

- Sicherung der Mobilität für Menschen und Güter
- Verbesserung der Sicherheit
- Schutz von Umwelt und Ressourcen





# Agenda

- 
- Überblick DLR
  - Forschungsfeld Verkehr
  - **Institut für Fahrzeugkonzepte**
  - Das Auto der Zukunft
- 



## Vision

Nachhaltige, sichere und finanzierbare  
„Individuelle Mobilität“



- Wesentlich **verbesserte Nutzung der Energiepotenziale** für Fahrzeug- und Transportsysteme
- Durchbruch bei **emissions- / CO<sub>2</sub>-freien/ neutralen Antriebstechnologien**
- Erweiterung der **Energieträger im Verkehr**

# Die Forschungsfelder des Instituts FK

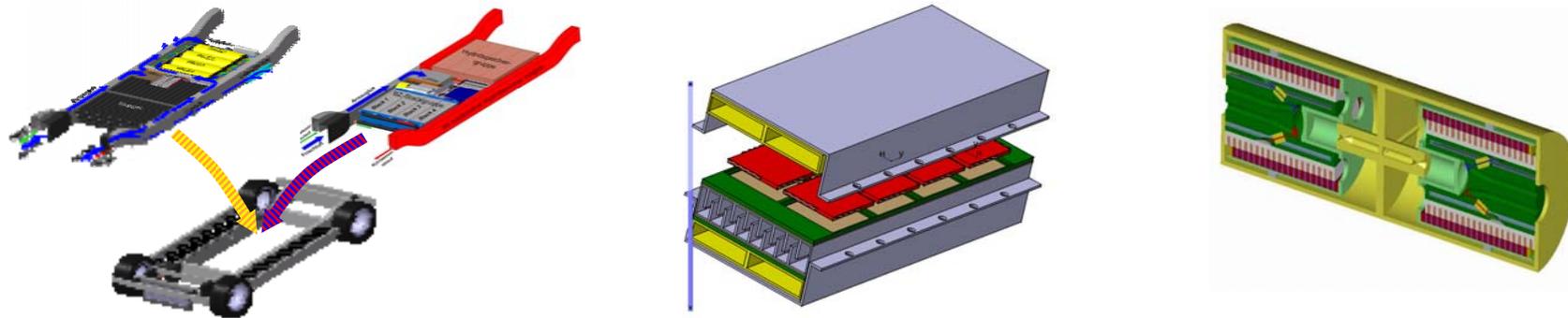


FK **gestaltet** und **demonstriert** Innovationen für Fahrzeugkonzepte und Technologien zukünftiger anforderungsgerechter Transportsysteme

# Forschungsfeld

## Alternative Antriebe und Energiewandlung

- **Elektrifizierung des Fahrzeug-Antriebsstrangs**
  - ↓ Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffen durch Entwicklung von Elektrifizierungs- und Brennstoffzellensystemen
- **Nutzenergie-Rückgewinnung aus bisher ungenutzter Energieflüsse**
  - ↓ CO<sub>2</sub>-Minderung durch Energierückgewinnung aus dem Abgasstrom mittels TEG
- **Alternative Energiewandler mit hoher Effizienz**
  - ↓ FKLG- Konzept ermöglicht bis zu 20%  $\eta$ -Verbesserung gegenüber konventionellem Verbrennungsmotor (Otto-Motor)



# Forschungsfeld Kraftstoff- und Energiespeicherung

## ➤ Sorptions-Wasserstoffspeicher

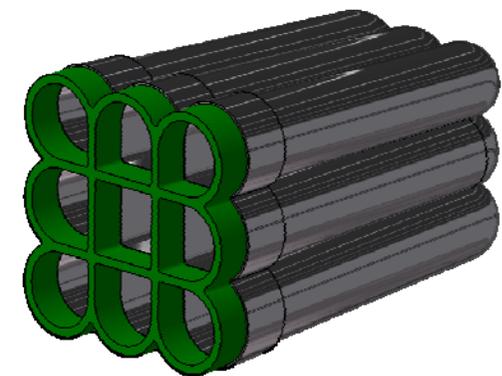
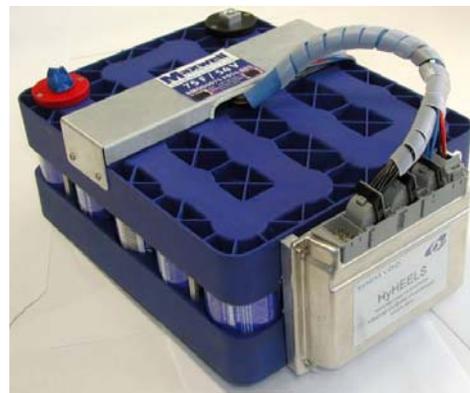
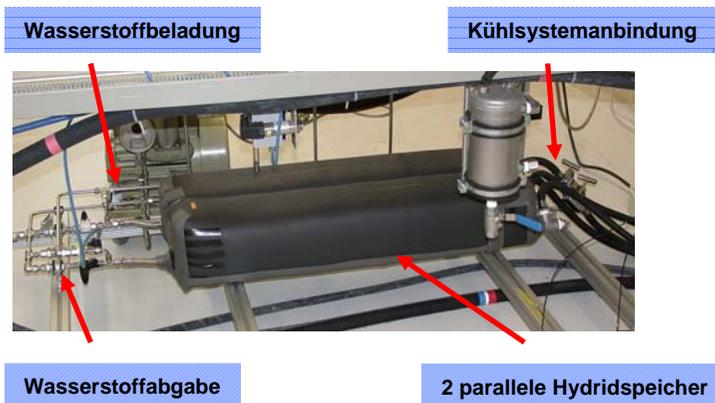
↓ Gasspeicherung bis zu 6,5 Gewichts-% des Speichergewichts, Reduktion des Energieaufwandes für die Speicherung um mehr als 60%

## ➤ Untersuchung und Verbesserung neuer elektrischer Energiespeicher

↓ Doppelschichtkondensatoren/ Hochleistungs-Batterien in Elektro-Fahrzeugen

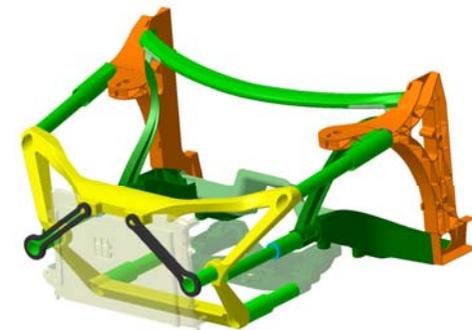
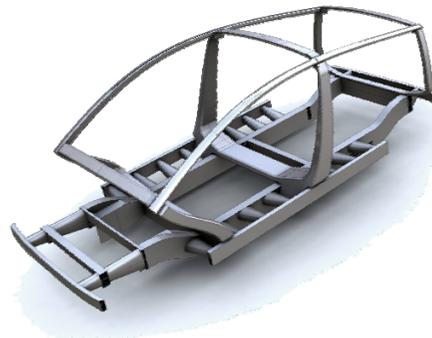
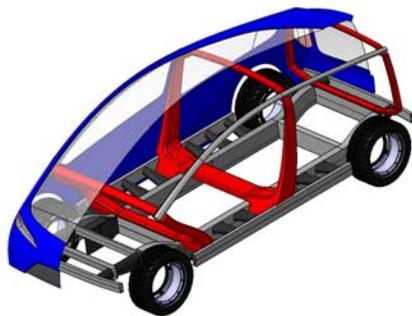
## ➤ Gastank

↓ 60% Gewichtsreduktion gegenüber konventionellen Stahltanks



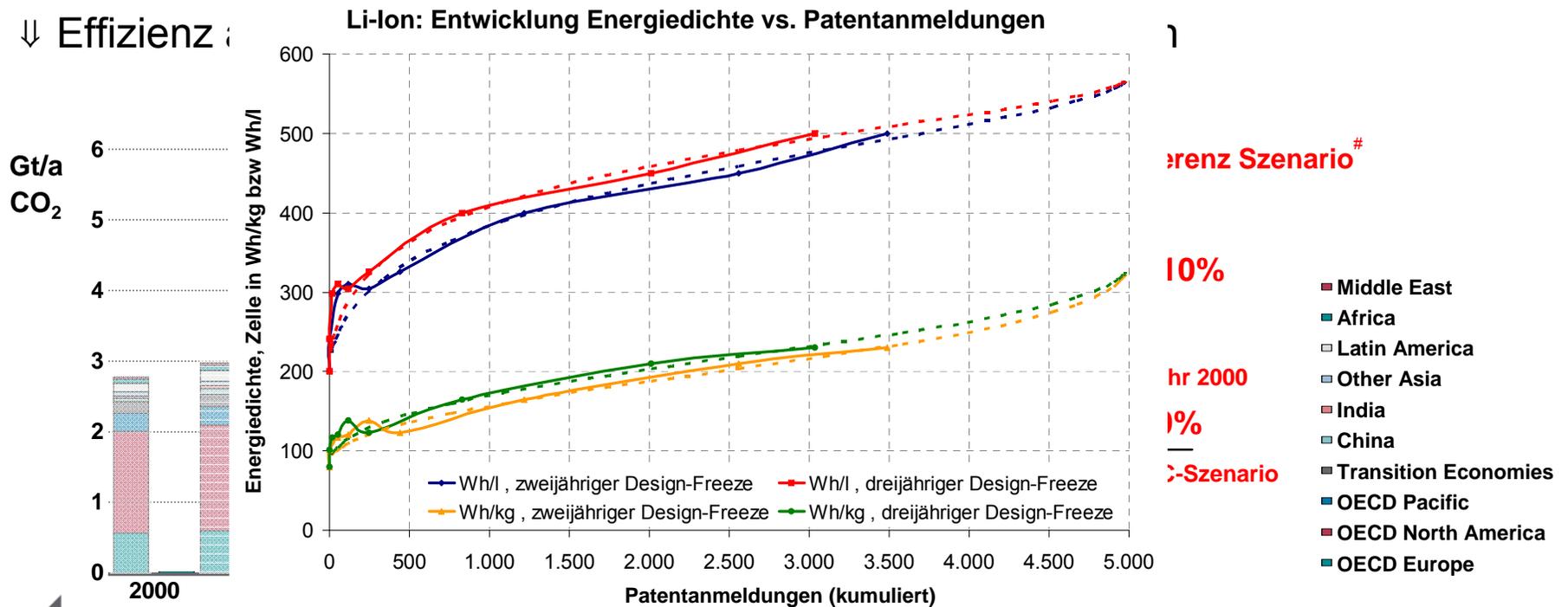
# Forschungsfeld Leichtbau und Hybridbauweisen

- **Modularisierter Leichtbau, mit hohem Anteil an Faserverbund-Kunststoff**
  - ↓ bis zu 10 g CO<sub>2</sub>/ km bei 100 kg Gewichtsreduzierung
- **Spant- und Space-Frame Bauweise**
  - ↓ >30% Gewichtsreduktion, Derivatbildung
- **Vorderwagen in Multi-Material-Design**
  - ↓ 40%-50% Gewichtsreduktion, Integration neuer Sicherheitskonzepte



# Forschungsfeld Innovative Fahrzeugsysteme und Technikbewertung

- **Ganzheitliche Bewertung von Fahrzeugtechnologien**
  - ↓ Break-even km durch Leichtbau mit Mg und CFK
- **Techno-ökonomische Analysen: Beispiel Li-Ion Batterien**
  - ↓ 250-300 Wh/kg erreichbar
- **Weltszenario für CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050**
  - ↓ Effizienz



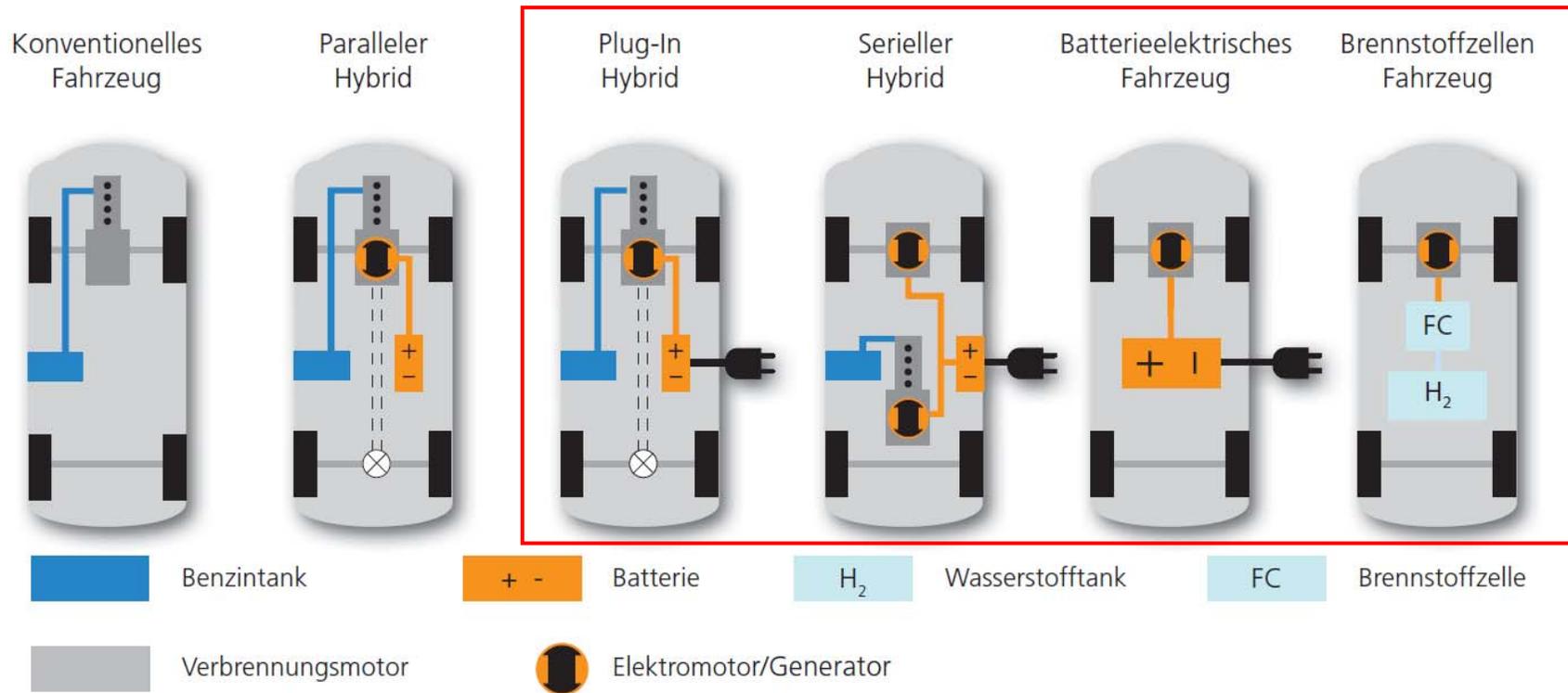


# Agenda

- 
- Überblick DLR
  - Forschungsfeld Verkehr
  - Institut für Fahrzeugkonzepte
  - **Das Auto der Zukunft**

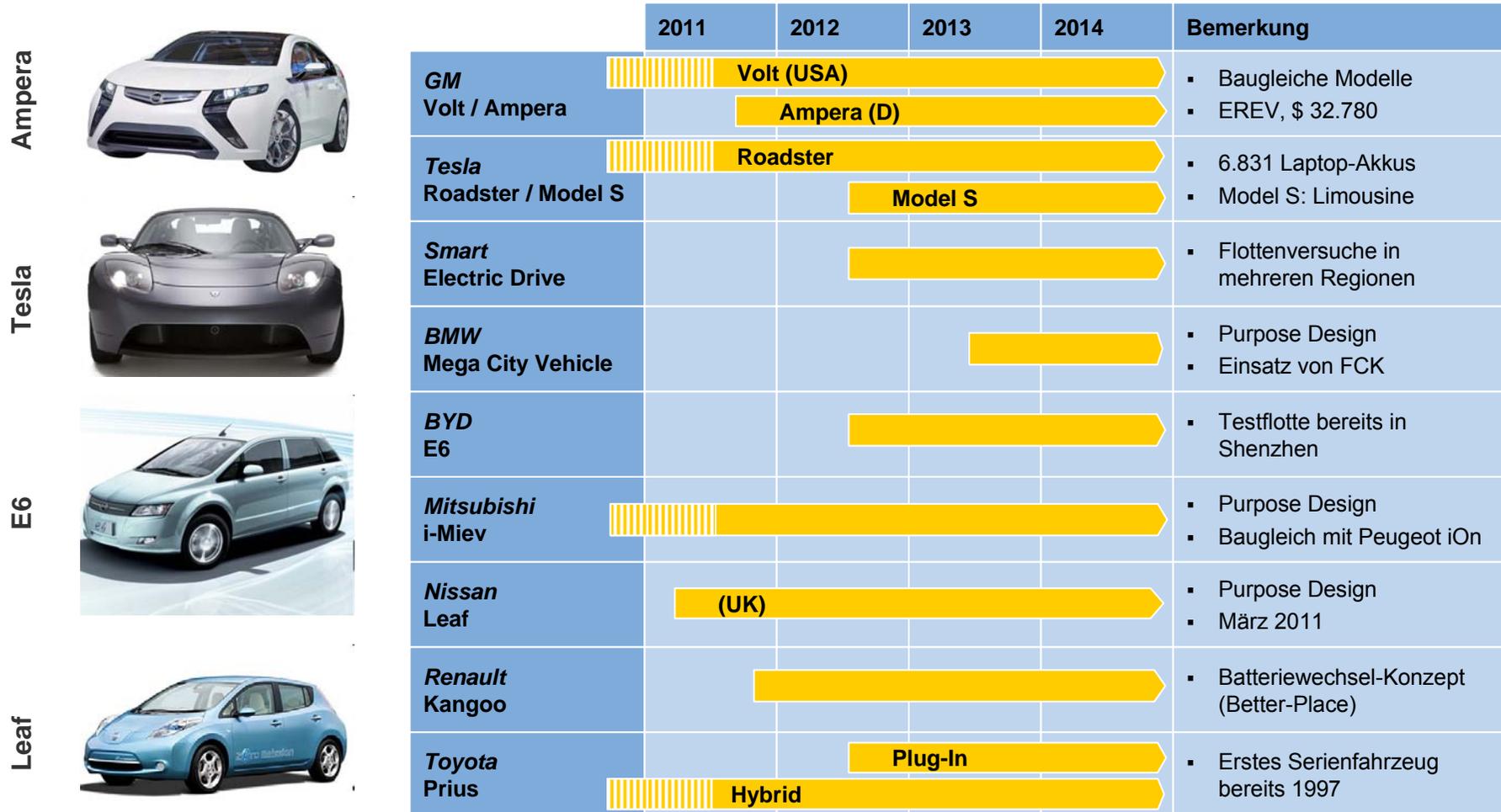


# Antriebskonzepte für die Elektromobilität



# Fahrzeuge für die Elektromobilität

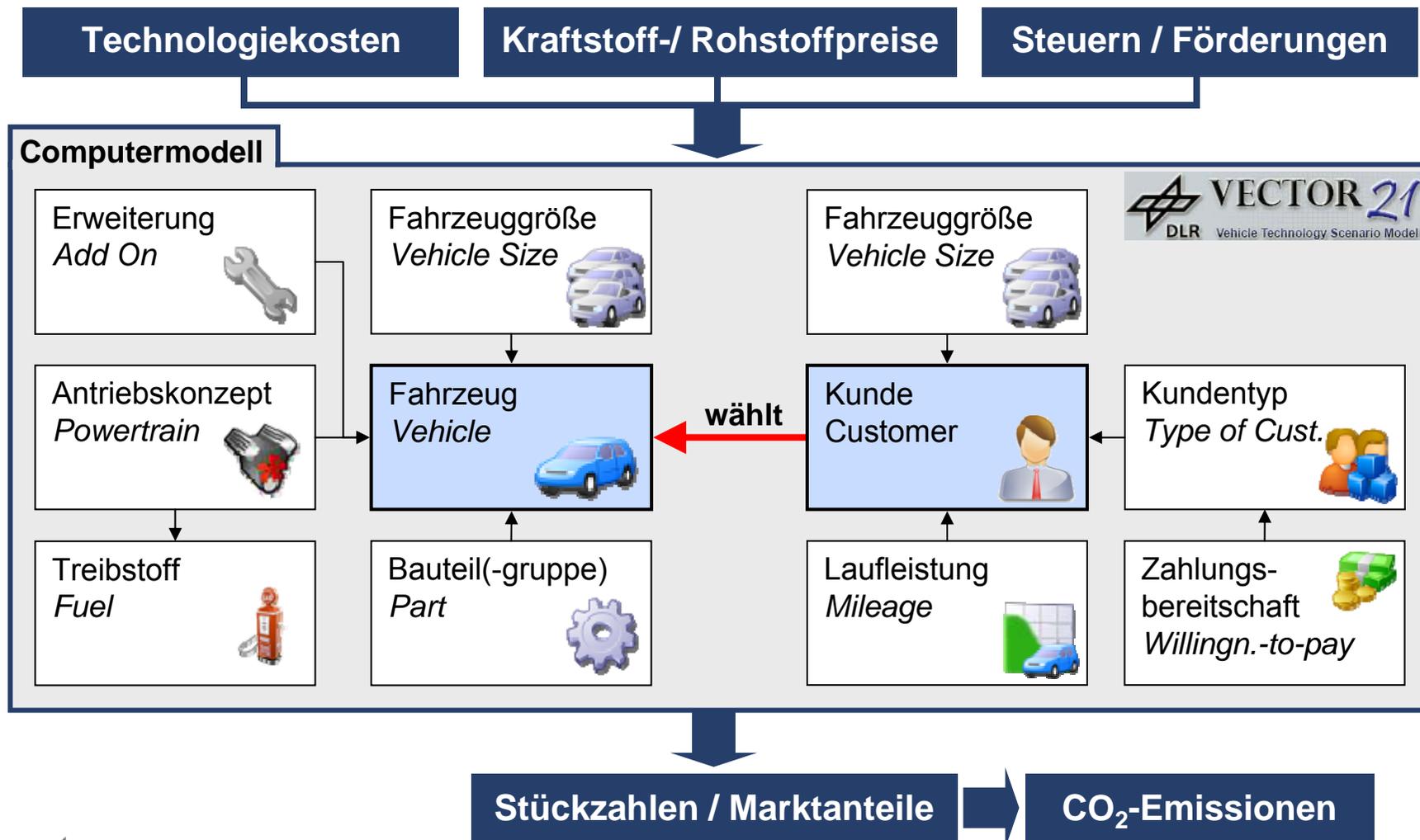
## Erste Serienfahrzeuge kommen 2011/2012 auf den Markt



Quelle: Herstellerangaben, DLR Analyse  
Exemplarische Auflistung

# VECTOR 21 – Vehicle Technology Scenario Model

Kundenpräferenzen werden Fahrzeugvarianten gegenübergestellt



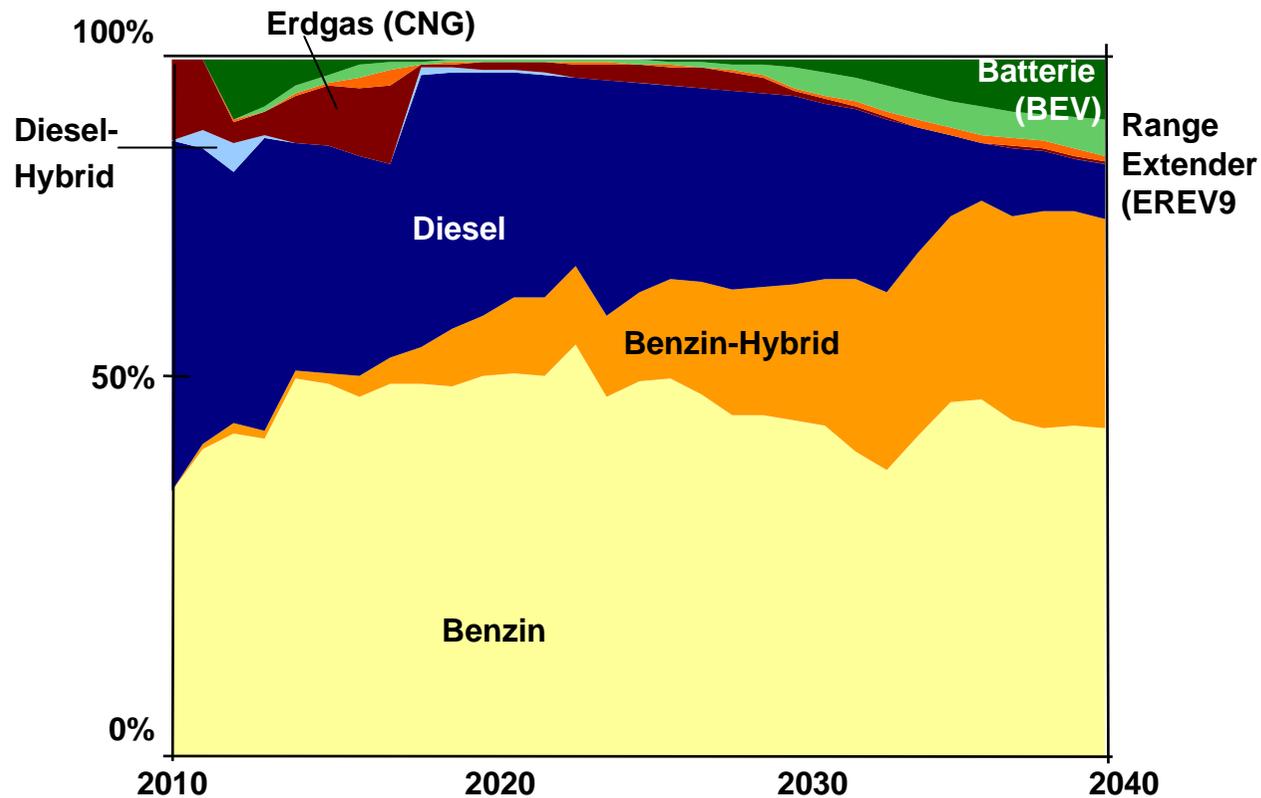
# Szenarioannahmen

## Szenario 1 antizipiert „business-as-usual“-Annahmen

Szenarioannahmen		2010	2020	2030	2040	Quelle
Ölpreis	[€/bbl]	60	80	100	120	
CNG Steuer	[%]	20	ab 2018: 100			Gesetzgebung
Elektrizitätspreis	[€/ct/kWh]	21,5	34,1	37,3	36,4	„Leitszenario 2010“ 100% EE
H <sub>2</sub> -Preis	[€/ct/kWh]	16,4	39,0	37,6	36,5	Berechnung
Anteil H <sub>2</sub> aus Elektrolyse	[%]	(2015 ► 2020) : (0 ► 100)				DLR-Analyse
CO <sub>2</sub> -Intensität Elektrizität	[g/kWh]	21				„Leitszenario 2010“, 100% EE (BMU)
CO <sub>2</sub> -Intensität H <sub>2</sub>	[g/kWh]	98	25			Berechnung
CO <sub>2</sub> -Ziel (Deutschland)	[g CO <sub>2</sub> /km]	2015: 130	118	100	90	Gesetzgebung
CO <sub>2</sub> -Strafe	[€/ (g CO <sub>2</sub> /km)]	95				Gesetzgebung, DLR-Analyse
Willingness-to-pay	[%]	0-20				Verbraucheranalysen
Verteilung der Segmente	[S/M/L %]	(25/55/20)	(28/50/22)	(30/45/25)		KBA

# Szenario 1 – Neufahrzeugflotte

Alternative Antriebe werden sich nur zögerlich am Markt behaupten



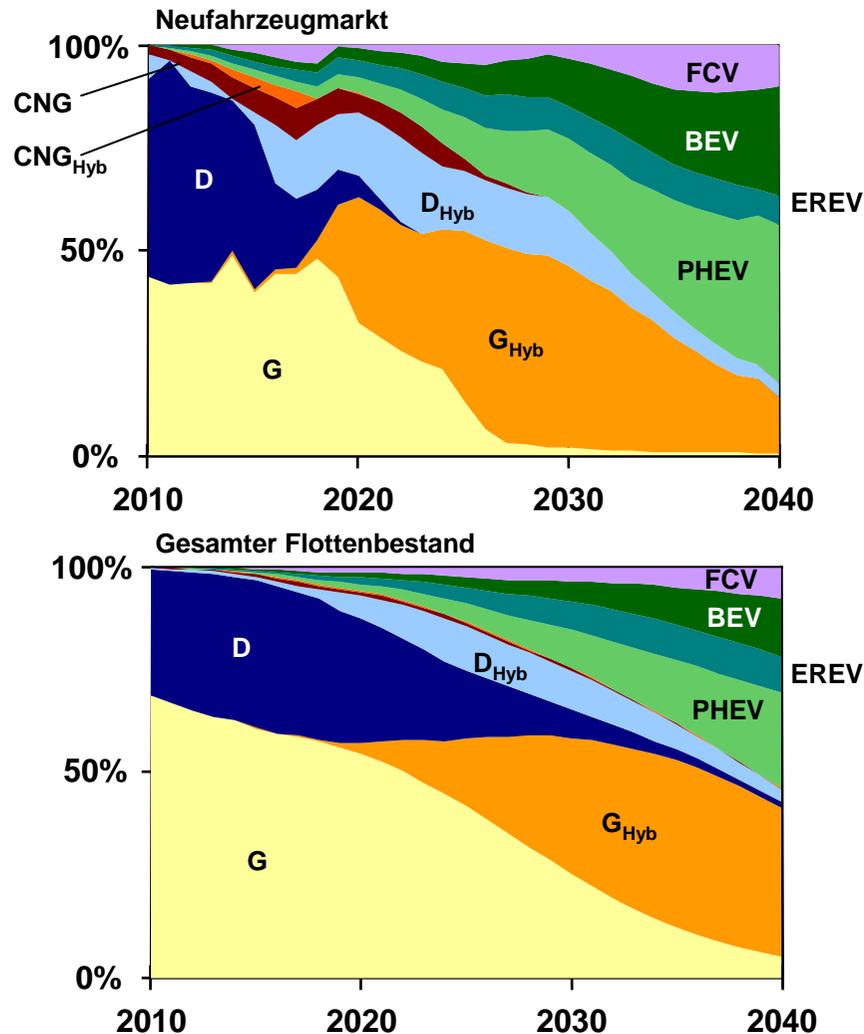
# Szenarioannahmen

Szenario 2 spiegelt eine umweltfreundliche Zukunft wieder

Szenarioannahmen		2010	2020	2030	2040	Quelle
Ölpreis	[€/bbl]	80	100	130		DLR-Analyse
CNG Steuer	[%]	20	ab 2018: 100			Gesetzgebung
Elektrizitätspreis	[€/ct/kWh]	21,5	34,1	37,3	36,4	„Leitszenario 2010“ 100% EE
H <sub>2</sub> -Preis	[€/ct/kWh]	22,3	39,0	37,6	36,5	Berechnung
Anteil H <sub>2</sub> aus Elektrolyse	[%]	100%				DLR-Analyse
CO <sub>2</sub> -Intensität Elektrizität	[g/kWh]	540	510	21 (ab 2025)		„Leitszenario 2010“, 100% EE ab 2025
CO <sub>2</sub> -Intensität H <sub>2</sub>	[g/kWh]	648	612	25 (ab 2025)		Berechnung
CO <sub>2</sub> -Ziel (EU-Ebene)	[g CO <sub>2</sub> /km]	2015: 130	95	70	60	Gesetzgebung
CO <sub>2</sub> -Strafe	[€/ (g CO <sub>2</sub> /km)]	95				Gesetzgebung, DLR-Analyse
Willingness-to-pay	[%]	0-20				Verbraucheranalysen
Verteilung der Segmente	[S/M/L %]	(25/55/20)	(28/50/22)	(30/45/25)		KBA

# Szenario 2 – Neufahrzeugflotte vs. Fahrzeugbestand

## Mehrere alternative Antriebe können sich am Markt behaupten

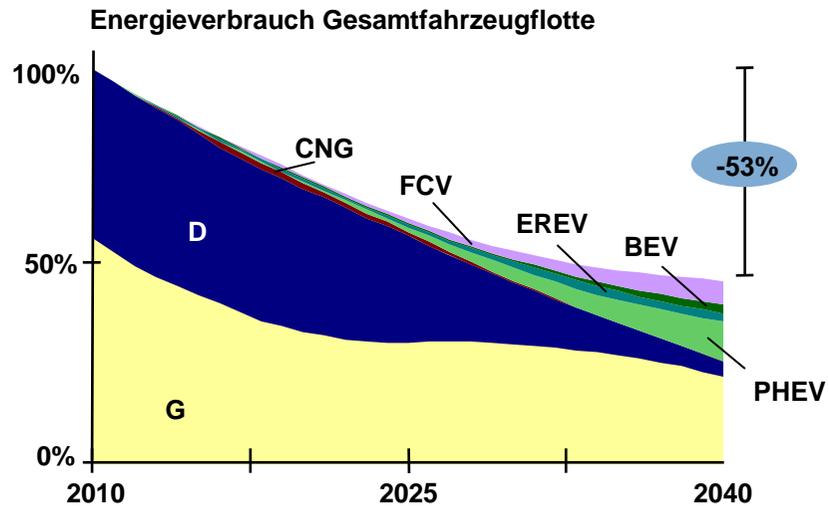


- **Konventionelle** Verbrenner werden durch ihre **hybriden** Varianten ersetzt
- Die auslaufende **Steuererleichterung** für **CNG-Fahrzeuge** in 2018 bewirkt eine Verdrängung aus dem Markt
- Aufgrund einsetzender **Lernkurven** werden sich **alternative Antriebe** langfristig im Neufahrzeugmarkt durchsetzen
- **Brennstoffzellenfahrzeuge** können sich im Markt behaupten
- Die **Umschichtung** der gesamten Fahrzeugflotte erfolgt **zeitverzögert**
- **2040** werden nur noch knapp 10% konventionelle **Verbrenner** in der Flotte vertreten sein
- Der Anteil **elektrisch** angetriebener Fahrzeuge (BEV & EREV) liegt in 2040 bei ca. **50%**

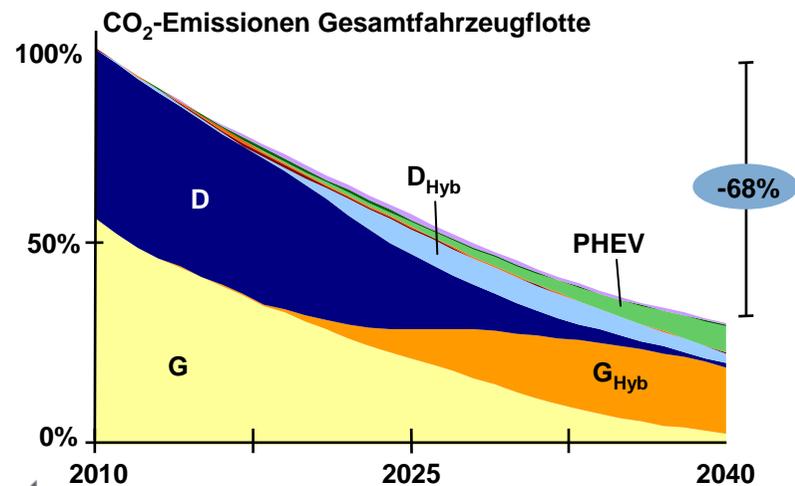
Fahrzeuge: G: Benzin, D: Diesel, CNG: Erdgas, Hyb: Hybride Varianten, EREV: Range-extender, BEV: Batterie, FCV: H<sub>2</sub>-Brennstoffzelle  
Quelle: DLR-FK

# Szenario 2 – Emissionsreduktion

## Emissionsreduktion um 68% durch erneuerbare Energiequellen



- Zu sehen ist der **Energieverbrauch** der gesamten Fahrzeugflotte, differenziert nach **Kraftstoffen**
- Bis 2050 lassen sich aufgrund von **Effizienzsteigerungen** (Leichtbau, Wirkungsgrade, Energie- und Leistungsdichten, Aerodynamik, ...) **über die Hälfte** des heutigen Energieverbrauchs einsparen



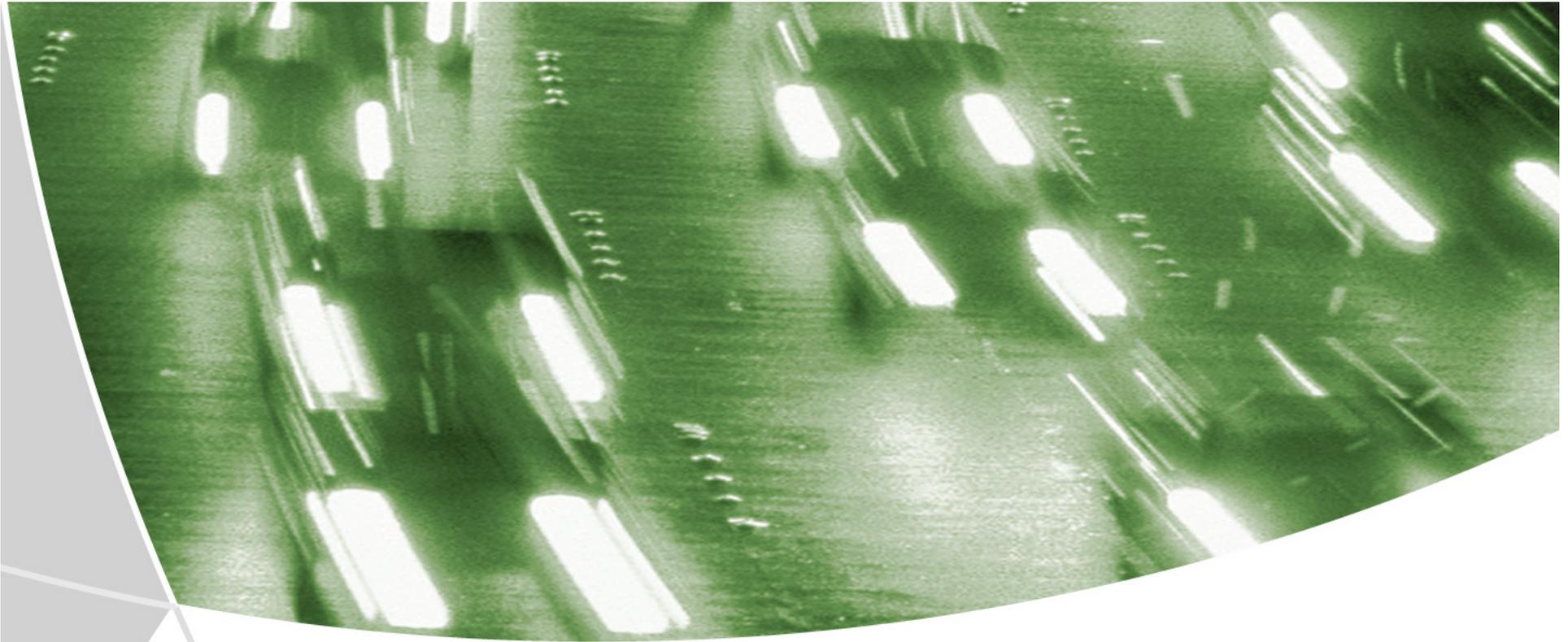
- Zu sehen sind die **CO<sub>2</sub>-Emissionen** der gesamten Fahrzeugflotte, differenziert nach **Antriebssträngen**
- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen lassen sich aufgrund der **erneuerbaren Energiequellen** und des Einsatzes von **Bio-Fuels** sogar noch deutlicher um **68%** reduzieren

Fahrzeuge: G: Benzin, D: Diesel, CNG: Erdgas, Hyb: Hybride Varianten, EREV: Range-extender, BEV: Batterie, FCV: Brennstoffzelle  
Quelle: DLR-FK



# Schlussfolgerungen

- Die Anzahl der unterschiedlichen Antriebs- und Fahrzeugkonzepte, die gleichzeitig im Markt sind, wird zunehmen
- Automobilantriebe von übermorgen werden elektrisch sein – Plugin-Hybrid-, Batterie- und Range Extender-Fahrzeuge werden parallel existieren
- Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge sind abhängig von verstärkten Klimaschutzziele und gemeinsamen Anstrengungen der Schlüssel-Akteure
- Forschung an Fahrzeugtechnologien ist notwendig, da die Kostenpotenziale erst noch realisiert werden müssen



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



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



**DLR**

**Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

in der Helmholtz-Gemeinschaft

**Institut für Fahrzeugkonzepte**

[www.dlr.de](http://www.dlr.de)

[www.dlr.de/fk](http://www.dlr.de/fk)

[www.dlr.de/verkehr](http://www.dlr.de/verkehr)

[www.dlr.de/stuttgart](http://www.dlr.de/stuttgart)

*Martin Redelbach*  
*[martin.redelbach@dlr.de](mailto:martin.redelbach@dlr.de)*