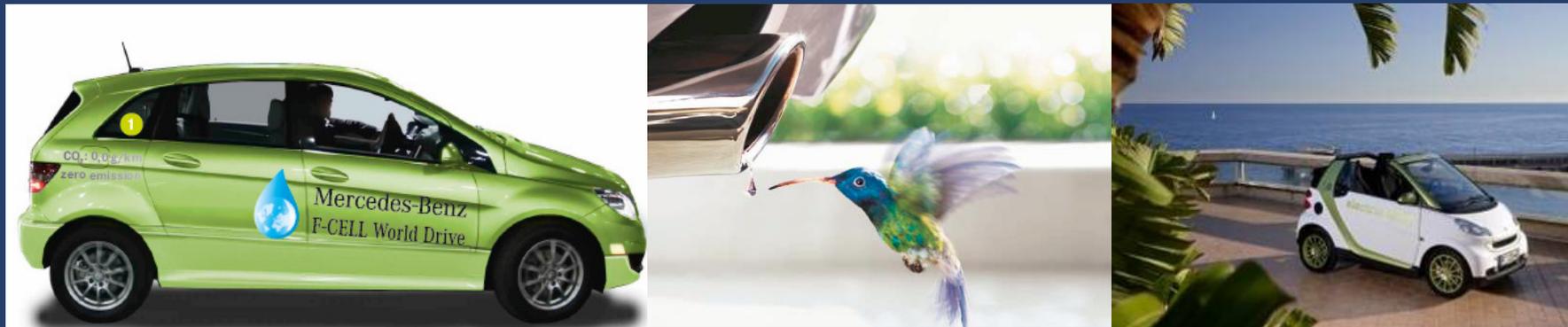


# DAIMLER



## Elektromobilität als neue Herausforderung für die Automobilindustrie und den Standort Deutschland

**Dr.-Ing. Arnold Lamm**

Senior Manager Charakterisierung HV-Batterien

# 1. Herausforderungen



# Warum wir nachhaltige Mobilitätslösungen brauchen

Wachsende Weltbevölkerung



Wachsender Mob.-bedarf



Ökologische Erhaltung



Begrenzte Ressourcen



Klimawandel

- Weltweit steigende Mobilitätnachfrage wird starken Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen bedeuten
- Fossile Ressourcen sind begrenzt und werden demnach teurer werden

## Begrenzte Erdölreserven an einem Beispiel

Welt Edrölvorkommen: **179 bn t**

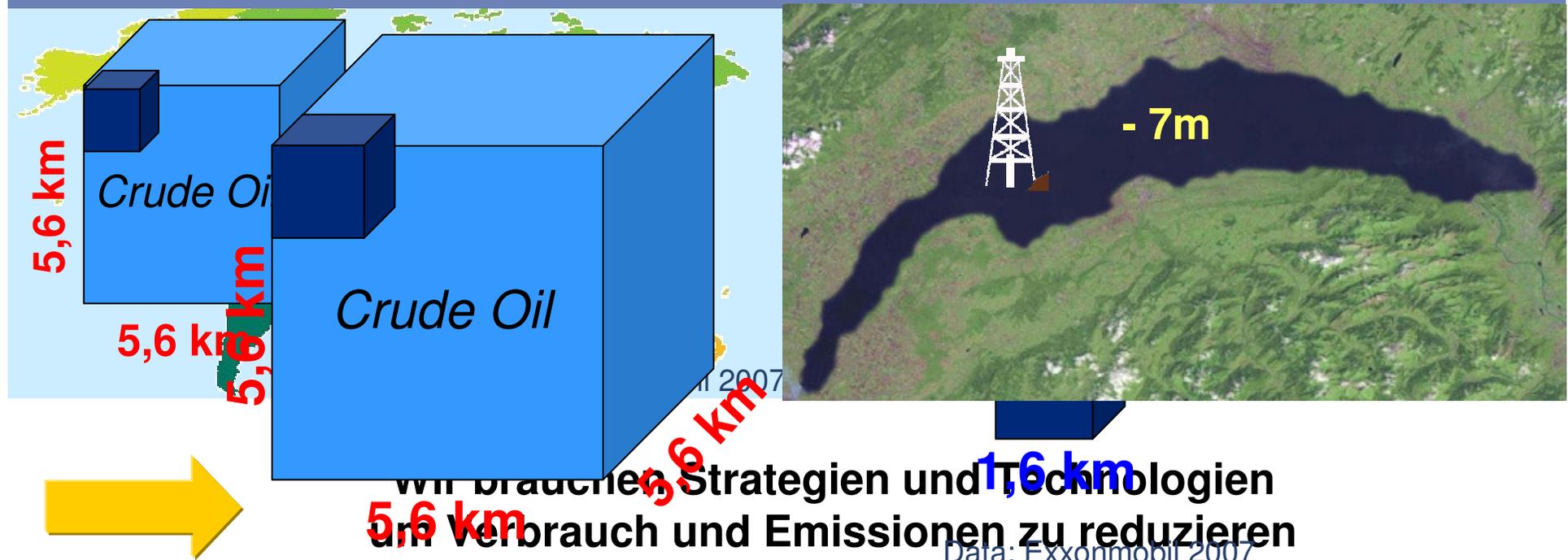
Jährlicher Ölverbrauch: **3,9 bn t**

Durchschnittliche Wassermenge  
Genfer See: **89 bn t**

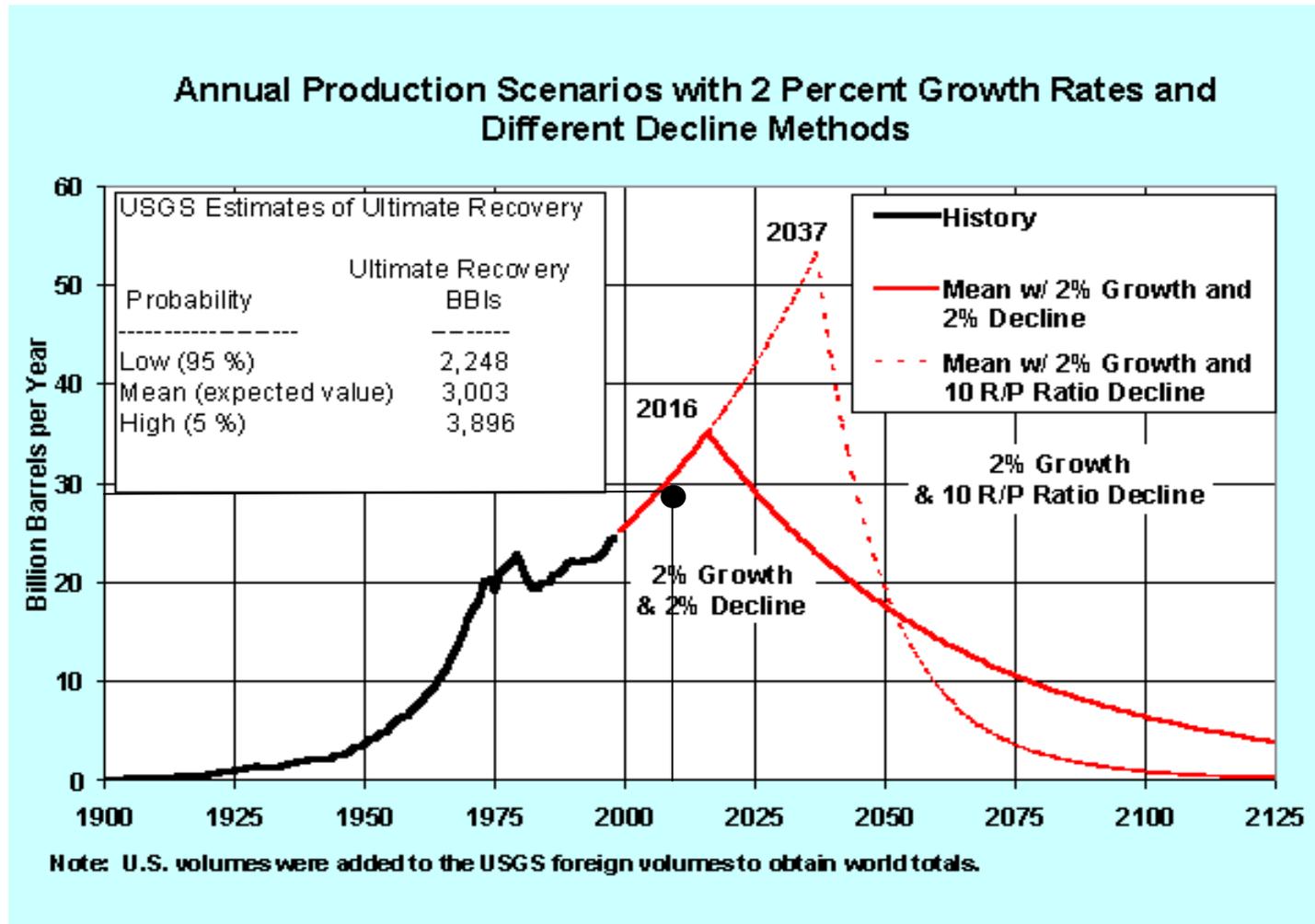
⇒ Würfel mit einer Seitenlänge v. **5.6 km**

⇒ Würfel mit einer Seitenlänge v. **1.6 km**

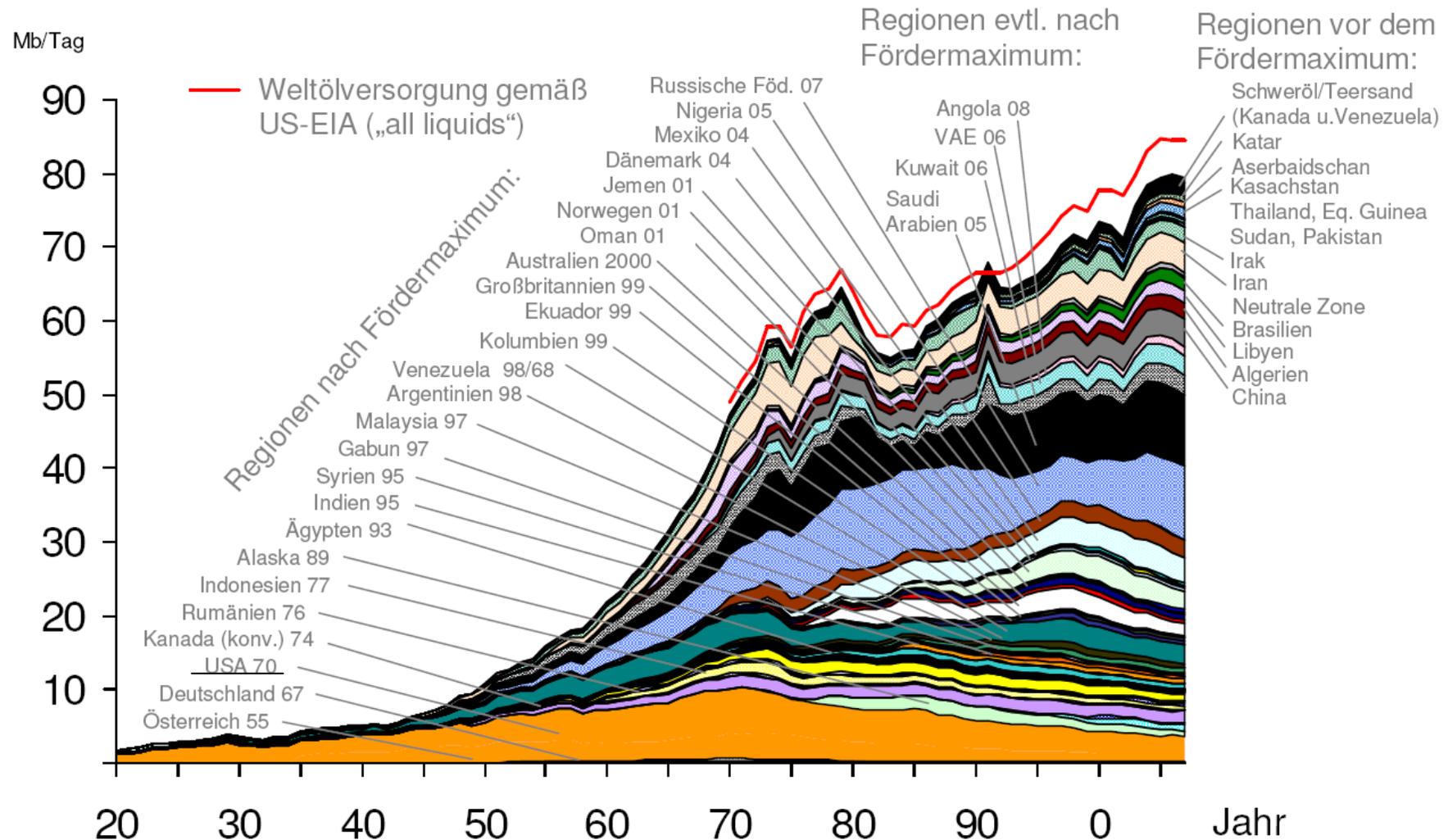
⇒ Theoretische jährliche  
Absenkung Wasserspiegel: **7m**



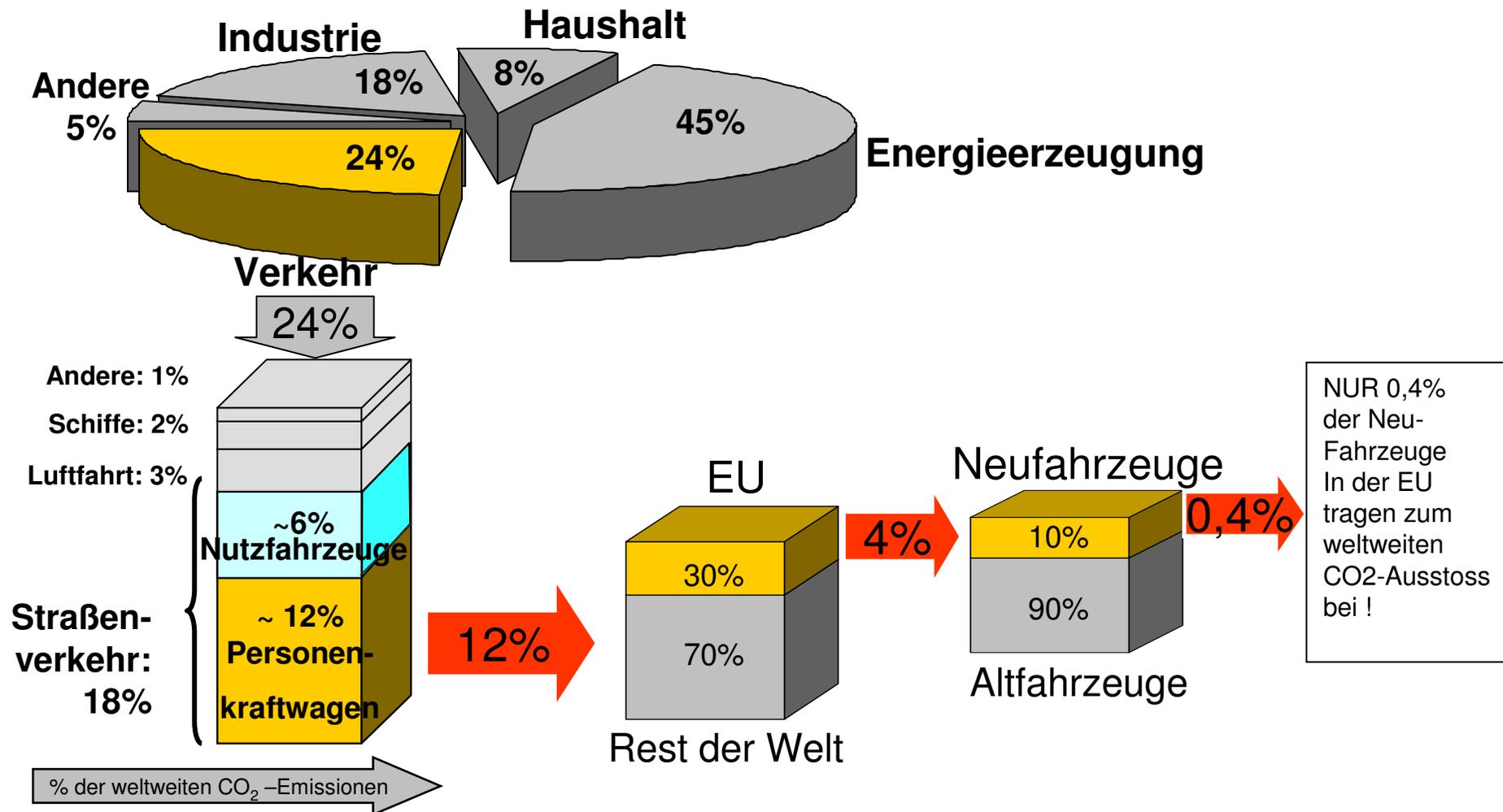
# Wann kommt der “Peak-Oil”- Zeitpunkt ?



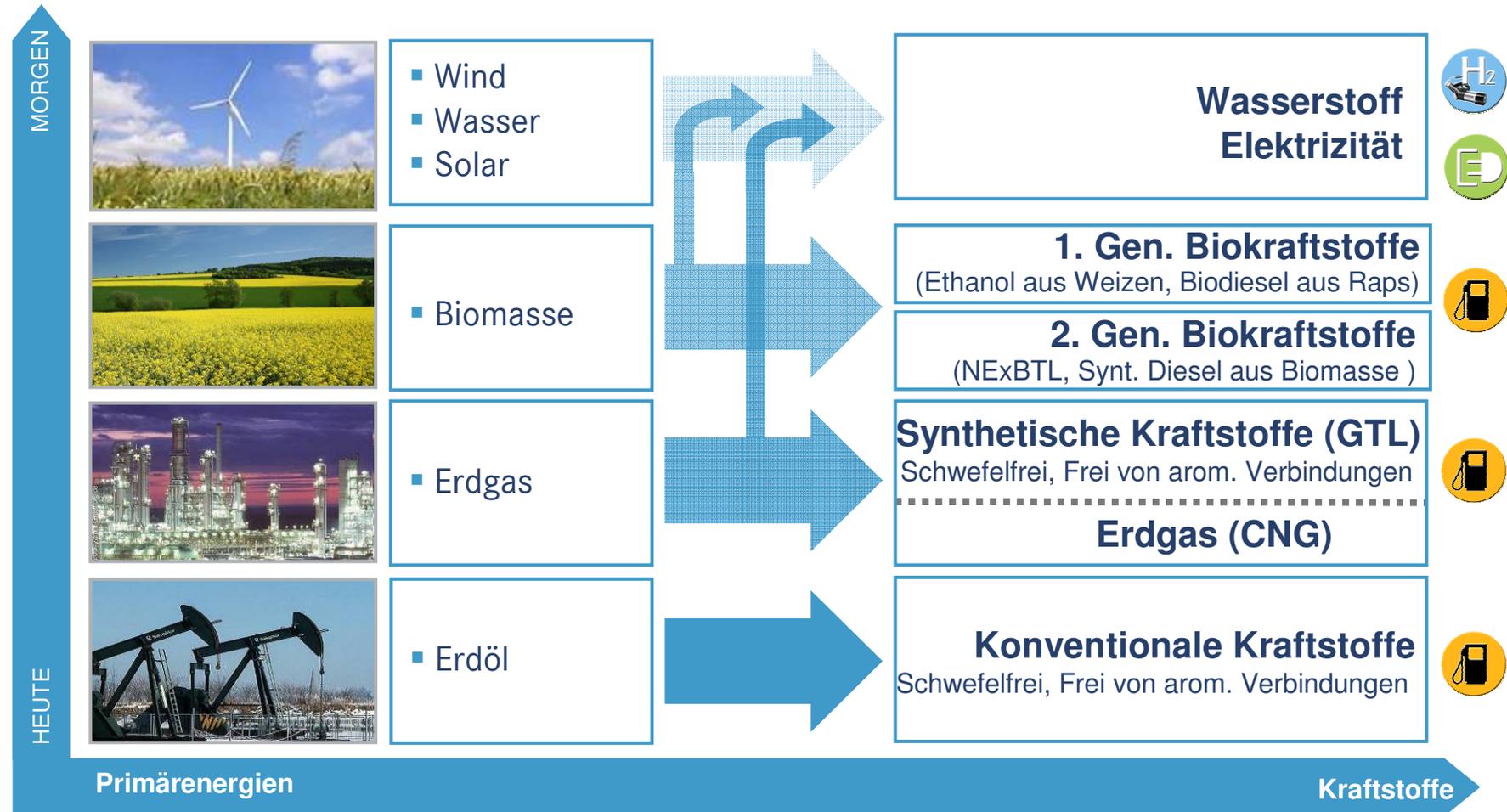
# Scheitelpunkt der Fördermengen in den meisten Ländern überschritten.



# CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Verbrennungsprozesse



# Evolution zukünftiger Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität

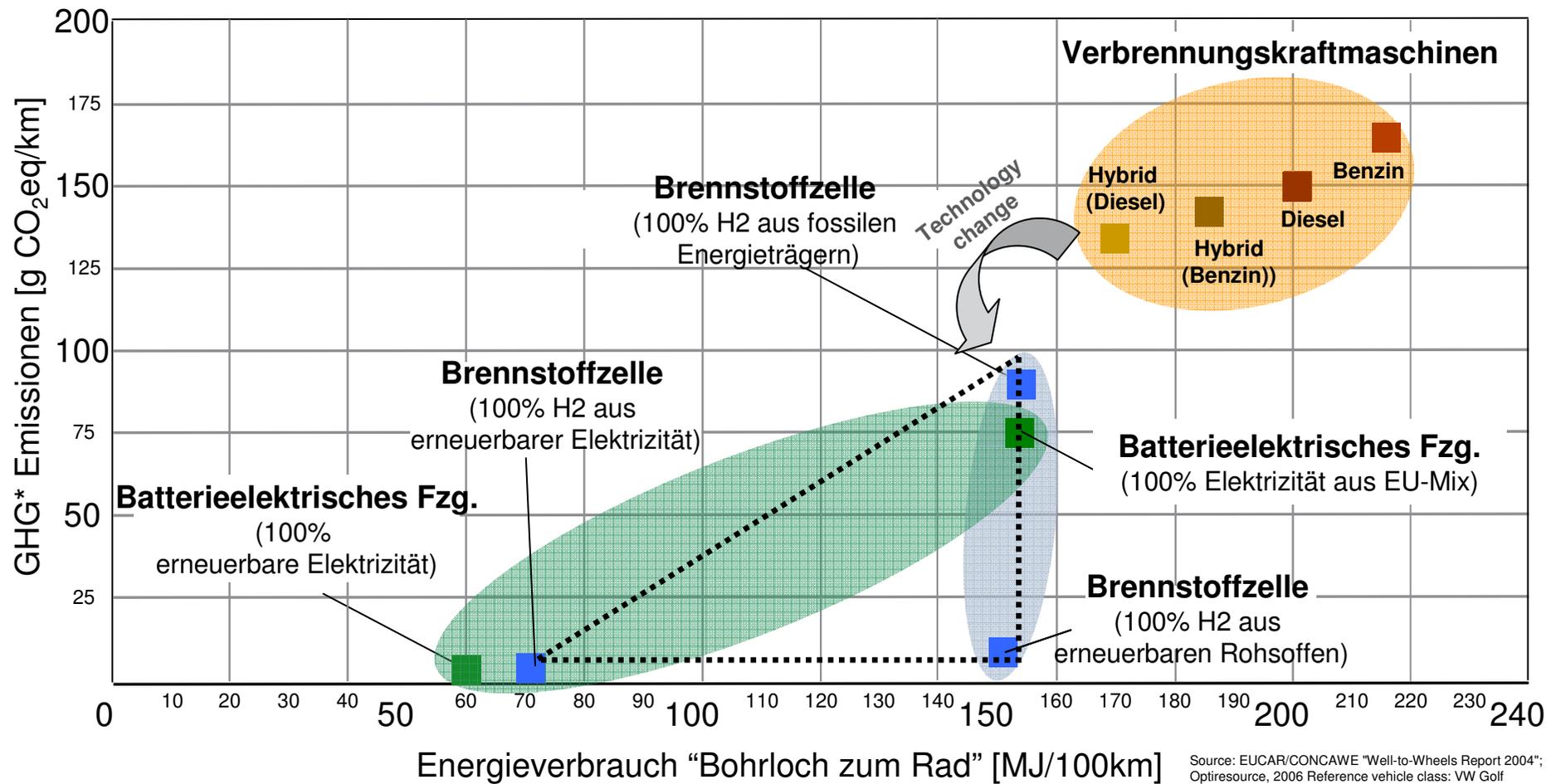


➤ Die Evolution zukünftiger Kraftstoffe setzt auf erneuerbare Energien

# Energiebilanz – „Bohrloch zum Rad“

**Brennstoffzelle:** Langstrecke (> 400km), Betankungszeit ca. 3 min), Autos/Vans/Trucks

**Batterie:** Ideal in kleinen Personenkraftwagen für den Innenstadtbereich (100-150 km), Übernachtladen

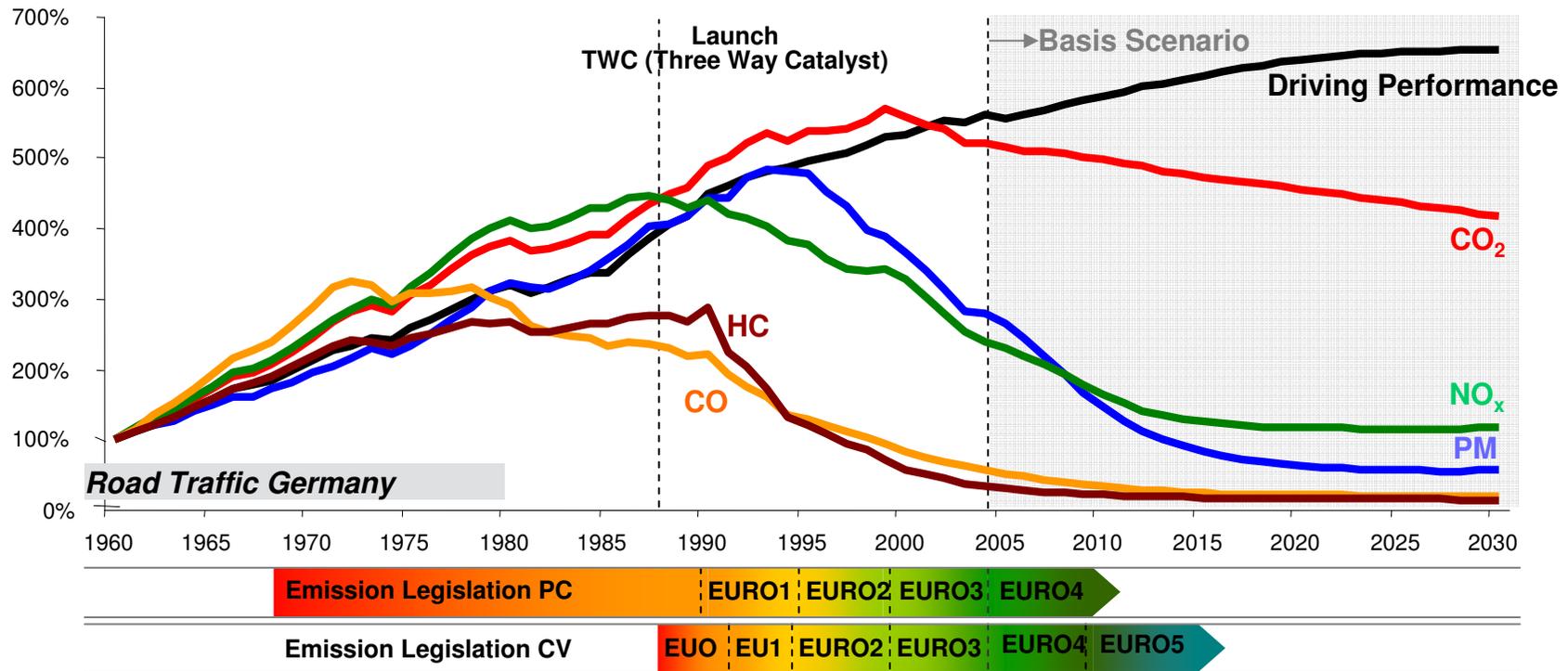


\*GHG: Green House Gas 9

## 2. Was wurde erreicht ?

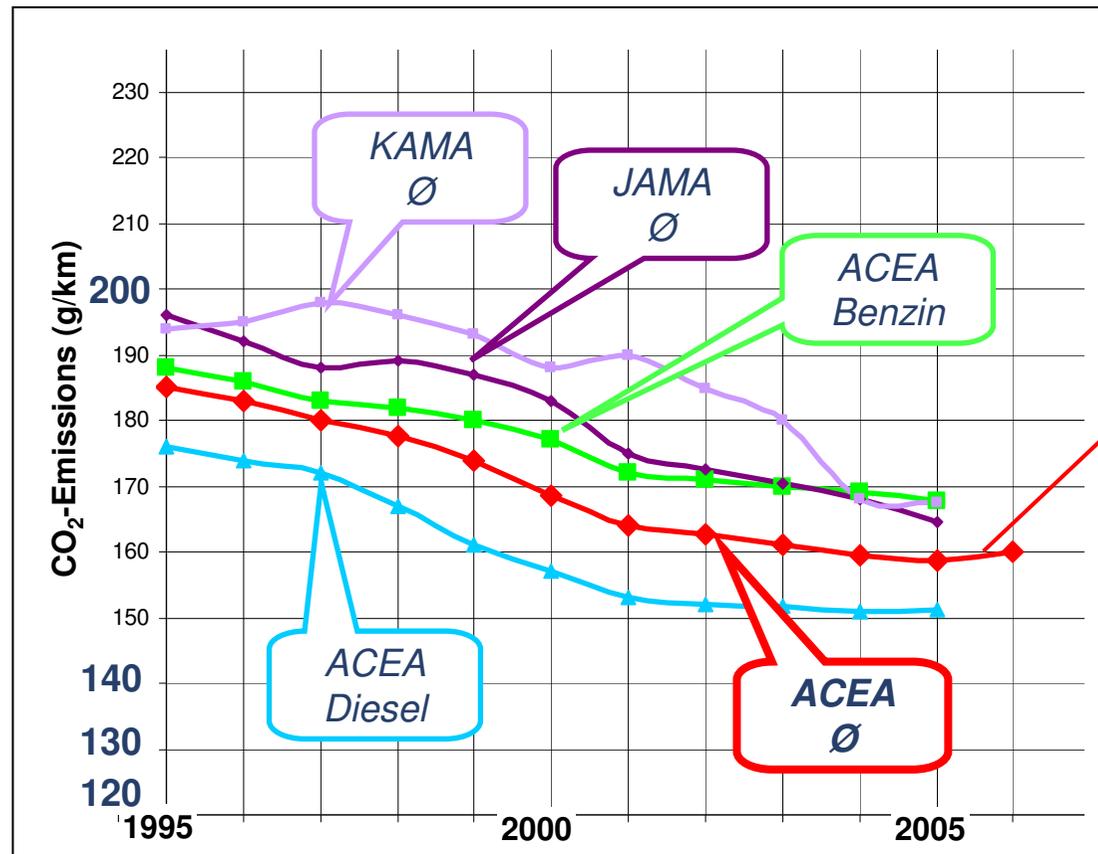


# Trend Fahrperformance versus Emissionen, Verbrauch



Infolge technischer Weiterentwicklungen konnte ein signifikanter Rückgang der Verbrennungsschadstoffe erreicht werden, während die Fahrperformance stetig angestiegen ist. Auch ein Rückgang bei den CO<sub>2</sub> – Emissionen wurde erreicht. (Source: TREMOD)

## ACEA hat einen signifikanten Fortschritt in der Reduzierung der CO<sub>2</sub> – Emissionen erreicht.



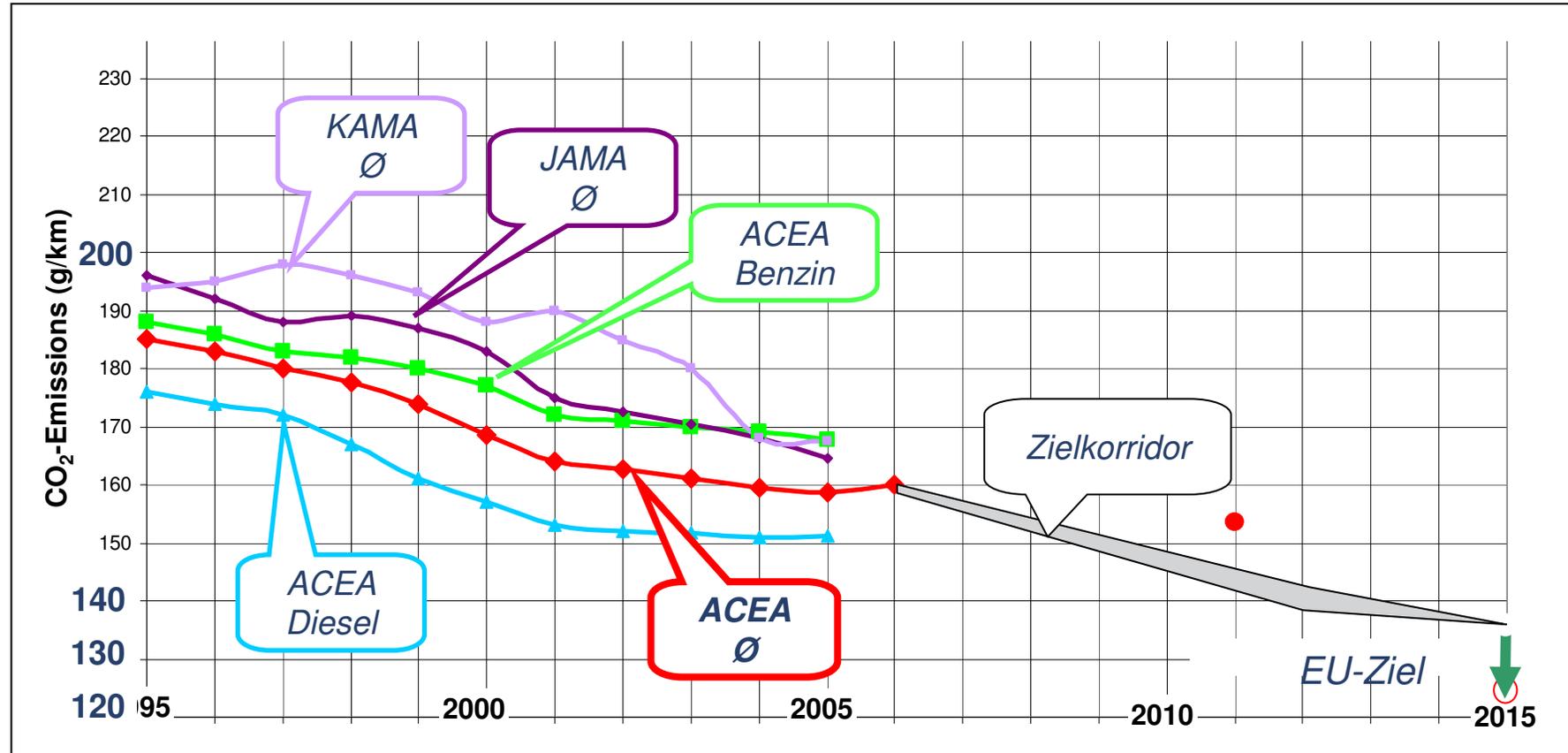
**Senkung trotz negativem Einfluß von**

- Gesetzgebung (Sicherheit, Emissionen)
- Marktentwicklung (Komfort, SUVs, etc.)

**i** ACEA Durchschnitt in Europa fällt um 14% seit 1995

**i** ACEA Durchschnitt ist **geringer** als der der **Japanischen oder Koreanischen** Personenkraftwagen verkauft in Europa

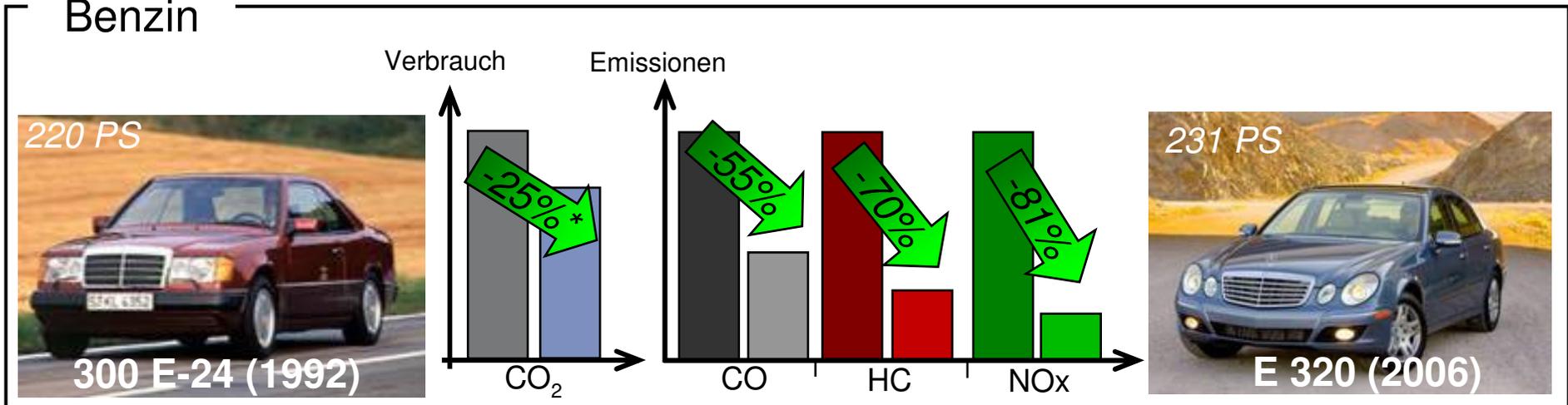
Weitere Ziele sind in der Diskussion...  
 “Größte Herausforderung” für die Automobilindustrie!



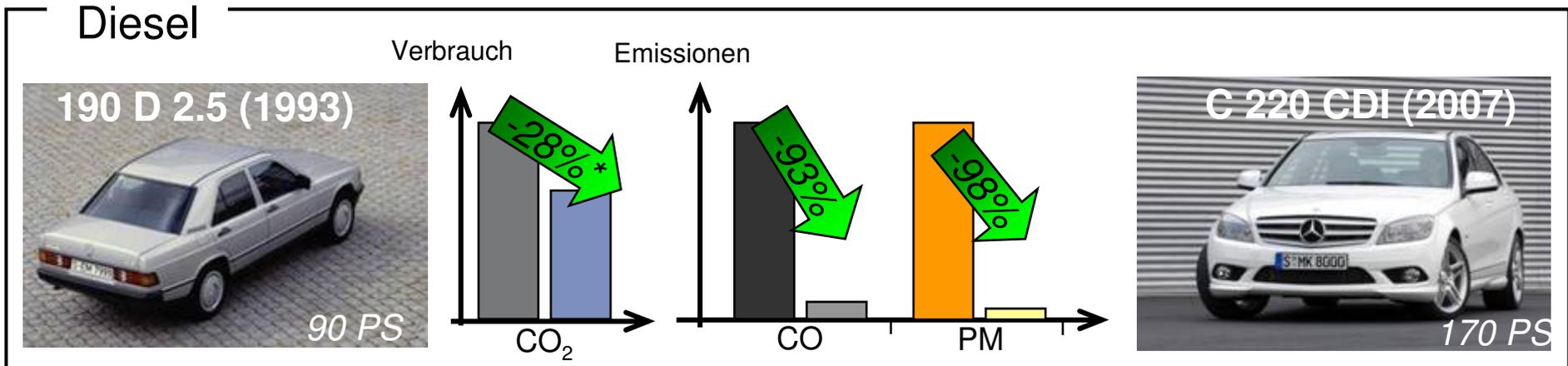
**i** Weitere enorme Verbrauchsreduktionen sind notwendig um EU-Vorgaben zu erfüllen !.

## Verglichen mit 1990, Mercedes-Benz Flotte hat CO<sub>2</sub>-Emissionen um mehr 30% reduziert.

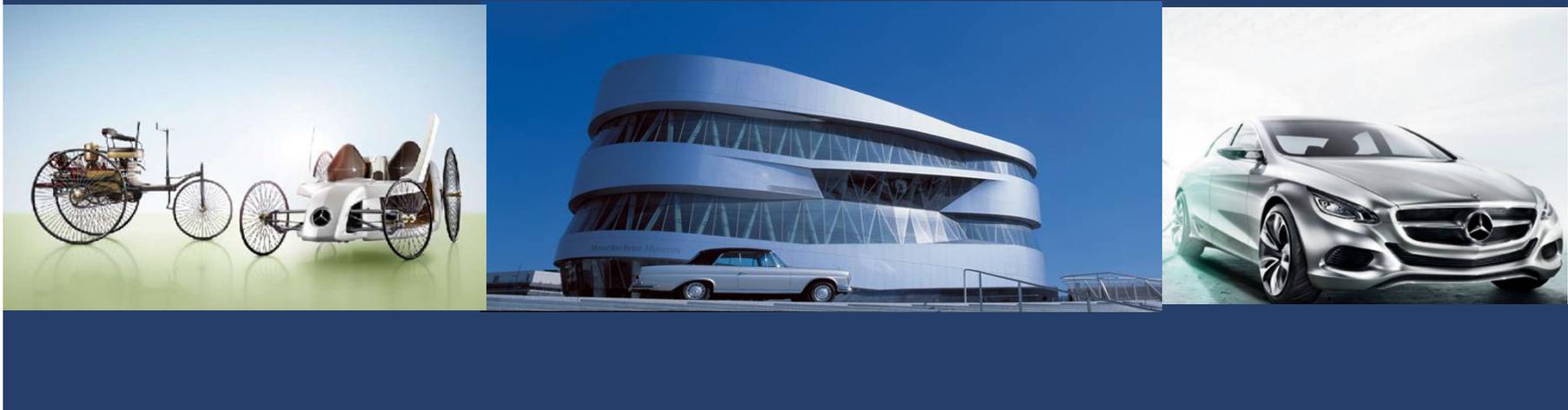
### Benzin



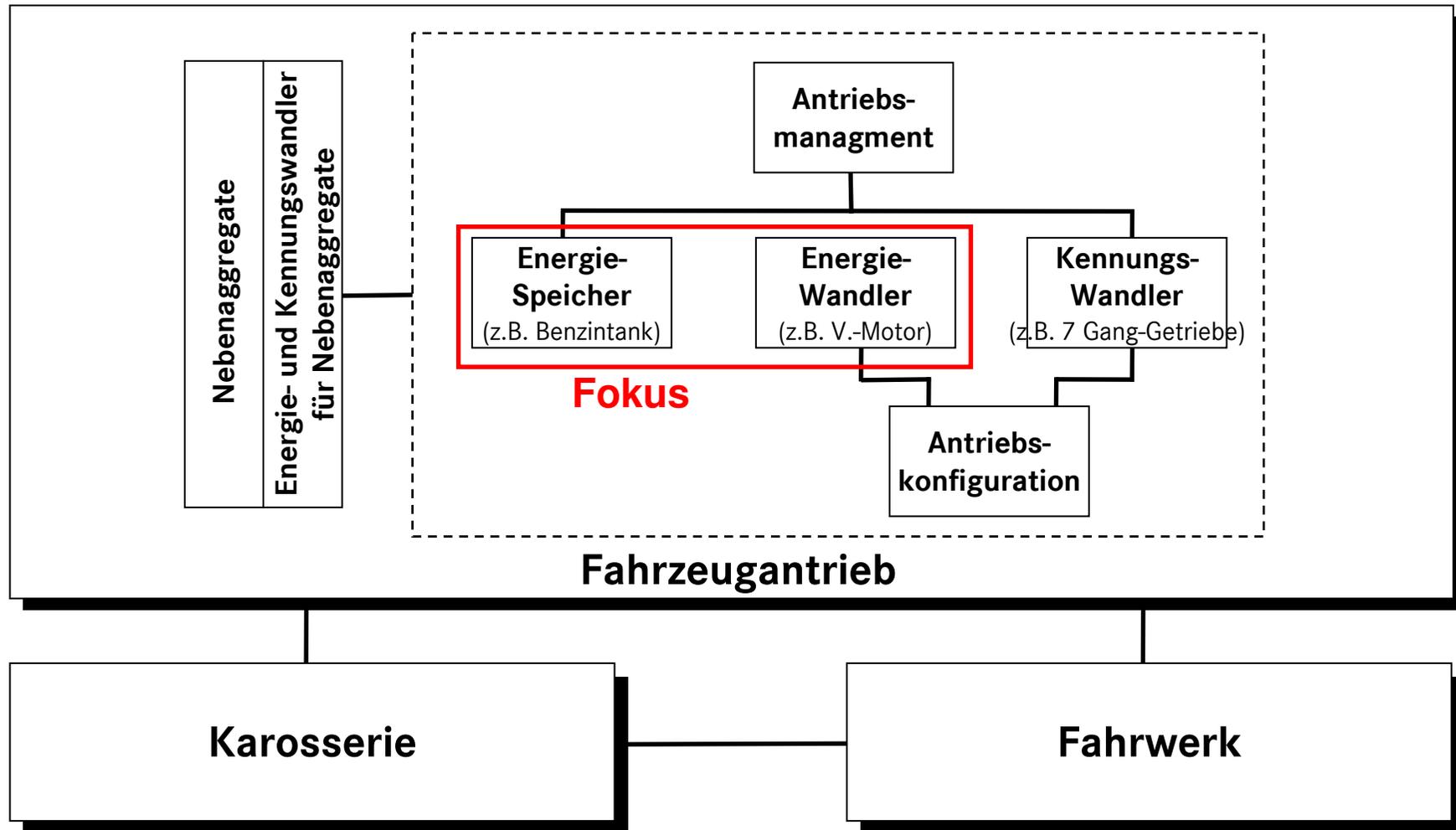
### Diesel



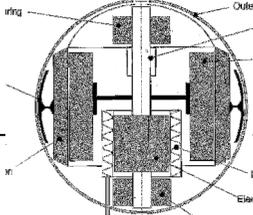
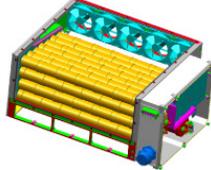
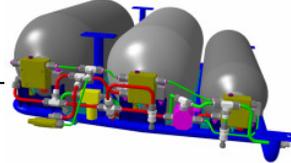
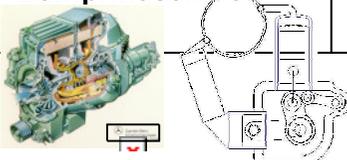
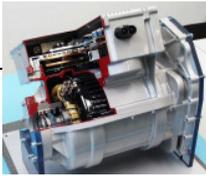
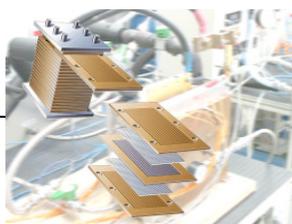
### 3. Technologiebeschreibungen



## Komponenten eines Pkw



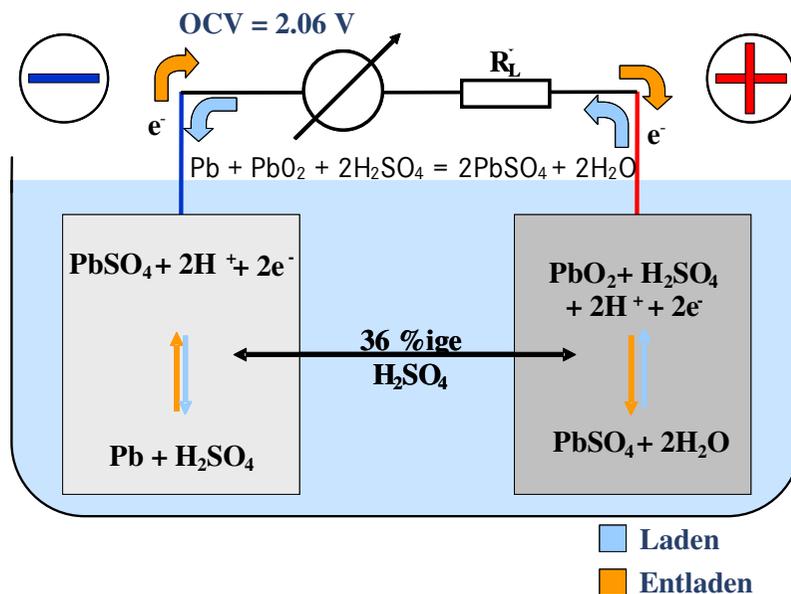
## Welche Antriebskomponenten stehen uns zur Verfügung ?

<b>Energie- speicher</b>	<b>mechanisch</b>	<b>elektro-chemisch</b>	<b>chemisch</b>	<b>hydraulisch</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stahl-Schwungrad</li> <li>• FVW-Schwungrad</li> <li>• 3D Kreisel</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NiMH-Batterien</li> <li>• Bleibatterien</li> <li>• Li-Ionen-Batterie</li> <li>• Li-Polymer-Batterien</li> <li>• Superkondensatoren</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tank (Benzin, Diesel)</li> <li>• Kryotank (H2, LNG)</li> <li>• Drucktank (H2, CNG)</li> <li>• Hydridspeicher (H2)</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blasenspeicher</li> <li>• Membranspeicher</li> <li>• Kolbenspeicher</li> </ul>
<b>Energie- wandler</b>	<b>thermo-mechanisch</b>	<b>elektro-mechanisch</b>	<b>chemo-elektrisch</b>	<b>hydrostatisch/pneumatisch-mechanisch</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otto 2-Takt</li> <li>• Otto 4-Takt</li> <li>• Diesel 2-Takt</li> <li>• Diesel 4 Takt</li> <li>• Stirling</li> <li>• Gasturbine</li> <li>• Dampfmaschine</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleichstrom-</li> <li>• Synchron-</li> <li>• Asynchron-</li> <li>• Permanenterregte</li> <li>• Drehstrom-</li> <li>• Reluktanz-Maschinen</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PEM Fuel Cell</li> <li>• Direkt-Methanol FC</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Axialkolben-</li> <li>• Radialkolben-</li> <li>• Flügelzellen-</li> <li>• Lamellen-</li> <li>• Zahnrad-</li> </ul> <p style="text-align: right;">Maschinen</p>

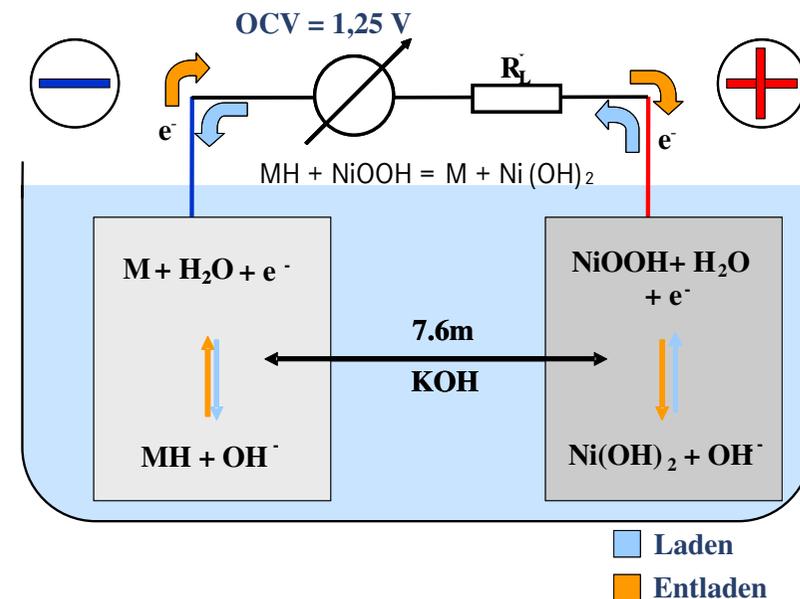
## Batterien auf Basis wässriger Systeme

Zellebene		Blei-Akkumulator	Nickel-Metall-Hydrid
Energie	[Wh/kg]	30	80
	[Wh/l]	70	90
Leistung	[W/kg]	500	1300
	[W/l]	1500	2000
Lebensdauer	[Jahre]	3	8
	[Vollzyklen]	500	1200
Kühlung		keine	Luft / Flüssig

### Blei-Akkumulator



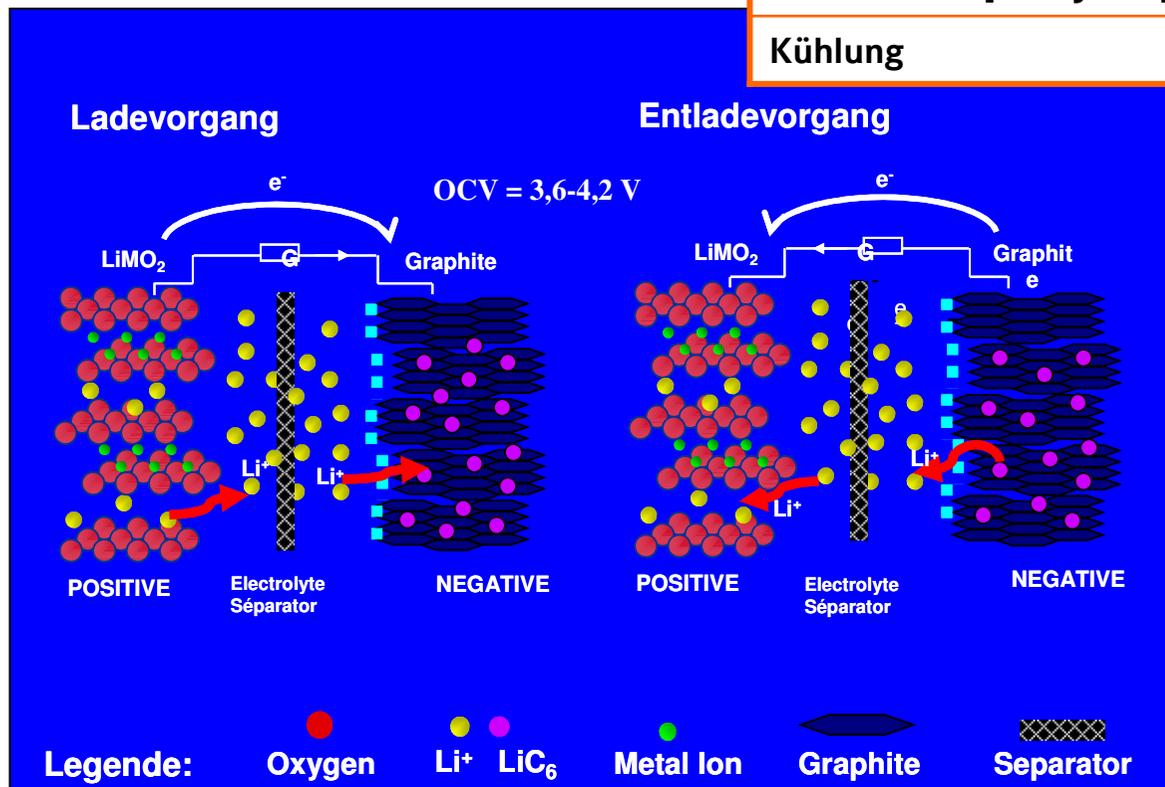
### Nickel-Metall-Hydrid



# Batterien auf Basis organischer Systeme

Energiezellen	[Wh/kg]	140
	[Wh/l]	170
Leistungszellen	[W/kg]	1800
	[W/l]	3000
Lebensdauer	[Jahre]	10
	[Vollzyklen]	4000-8000
Kühlung		Luft / Flüssig

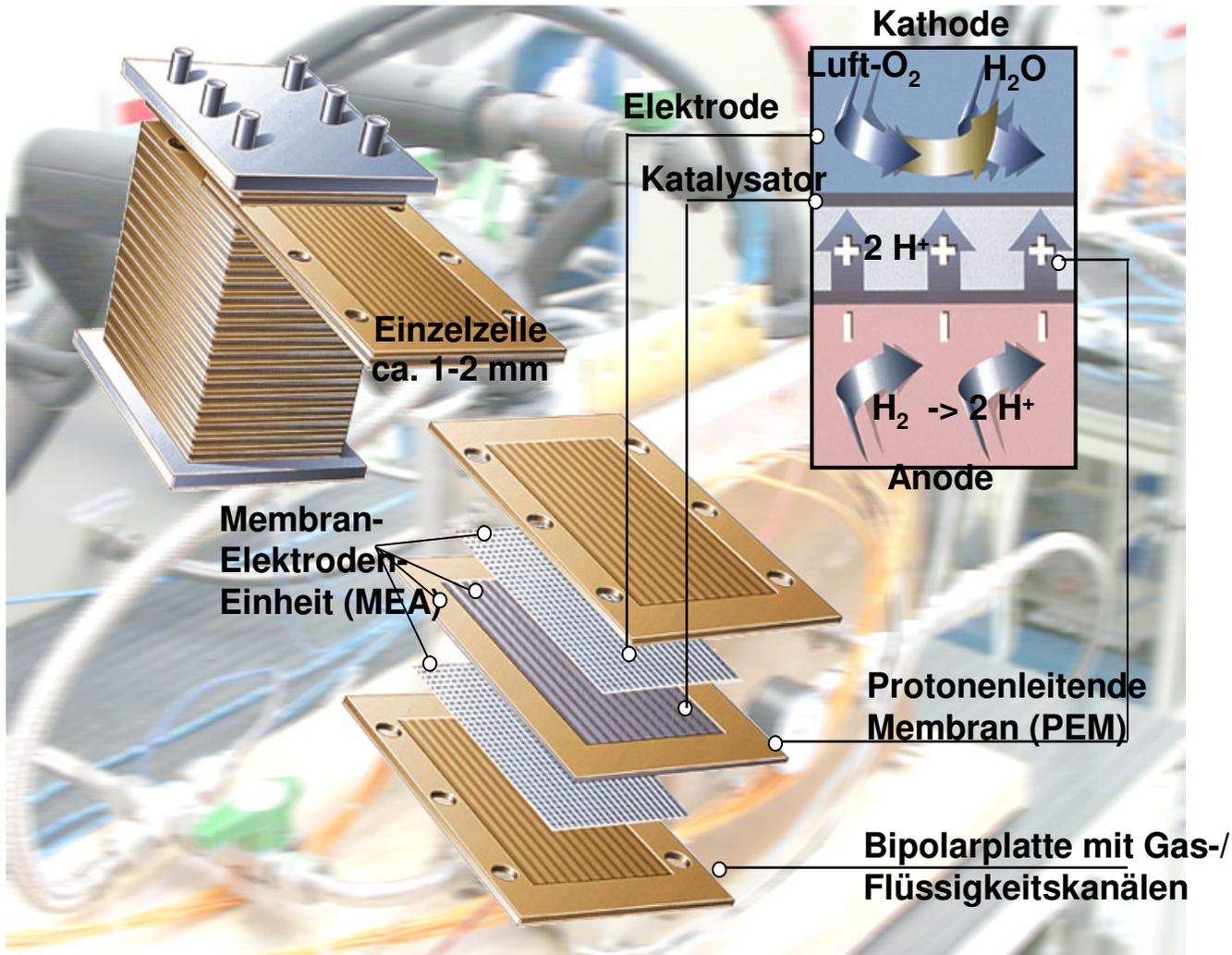
## Lithium-Ion-System



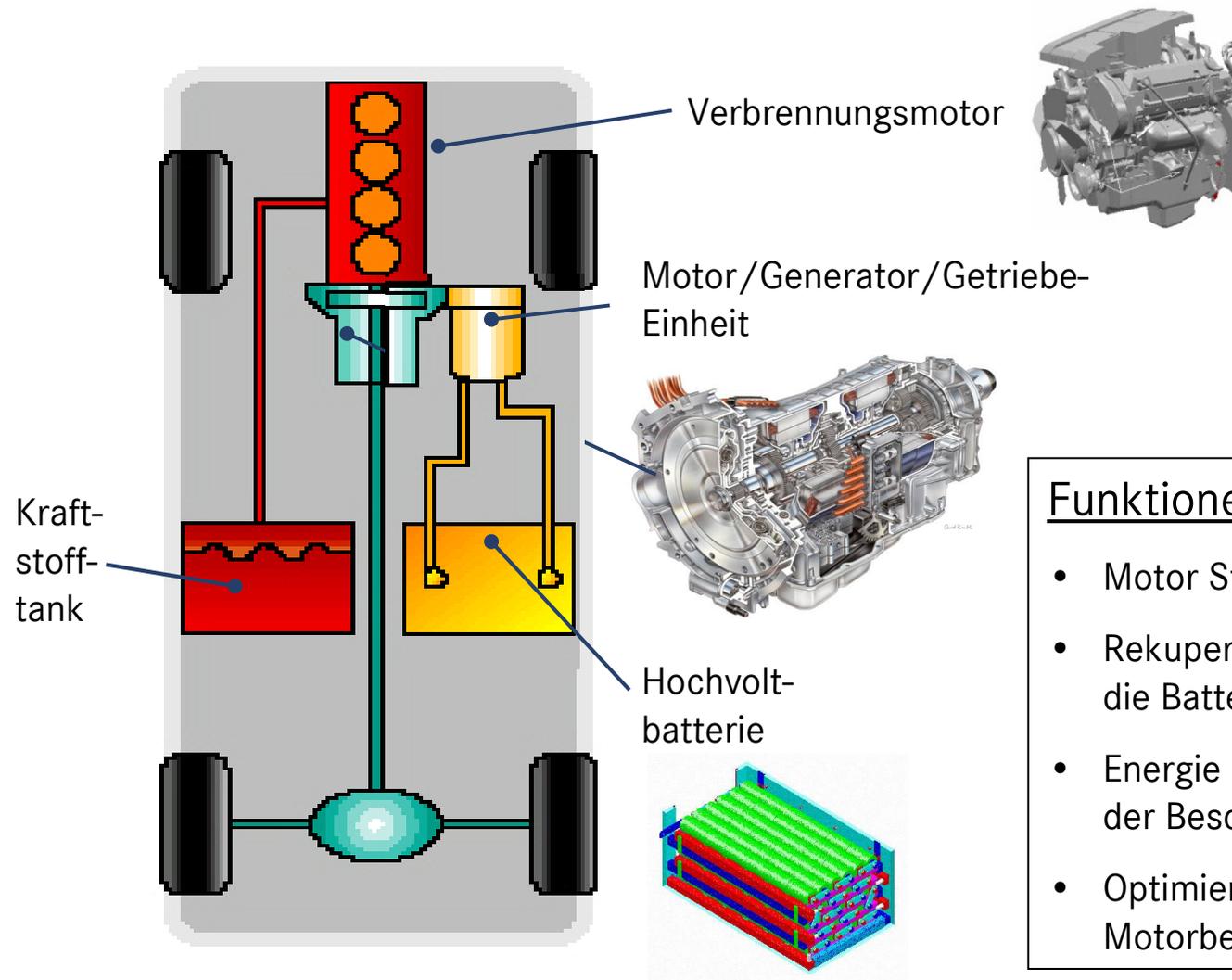
## Brennstoffzellentypen

	<b>Elektrolyt</b>	<b>Temperaturbereich</b>	<b>Anwendungsfelder</b>
<b>Alkalische BZ (AFC)</b>	Kalilauge (OH <sup>-</sup> )	60-120 °C	o Hoher Wirkungsgrad o Nur O <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> -Betrieb
<b>Protonenleitende BZ (PEMFC)</b>	Polymer (H <sup>+</sup> )	-15-90 °C	o Hohe Leistungsdichte o Hohe Flexibilität
<b>Direktmethanol BZ (DMFC)</b>	Polymer (H <sup>+</sup> )	-15-130 °C	o Einfaches System o Direkte Umwandlung MeOH
<b>Phosphorsaure BZ (PAFC)</b>	Phosphorsäure (H <sup>+</sup> )	160-220 °C	o Mittlerer Wirkungsgrad o Mittlere Leistungsdichte
<b>Schmelzcarbonat BZ (MCFC)</b>	Schmelzcarbonat (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	600-650 °C	o Hoher Wirkungsgrad (Elektrizität + Wärme)
<b>Festoxid BZ (SOFC)</b>	Keramik (O <sup>2-</sup> )	850-1000 °C	o Hoher Wirkungsgrad (Kombiprozesse)

# Prinzip PEM-Brennstoffzelle



## Was ist ein Hybrid? Wie funktioniert ein Hybrid ?



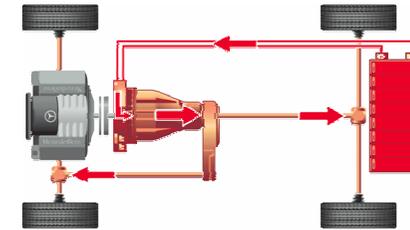
### Funktionen:

- Motor Stopp/Start
- Rekuperation von Bremsenergie in die Batterie
- Energie aus der Batterie während der Beschleunigung
- Optimierung des Motorbetriebspunktes

## Betriebsmodi eines Hybridantriebsstranges

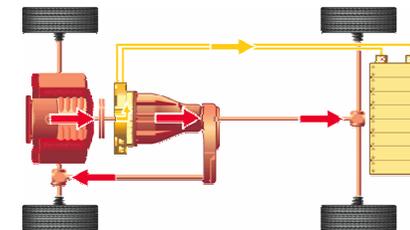
### Elektrisches Fahren:

Der elektrische Antrieb ist für den Start- und den Langsamfahr-Modus aktiviert.



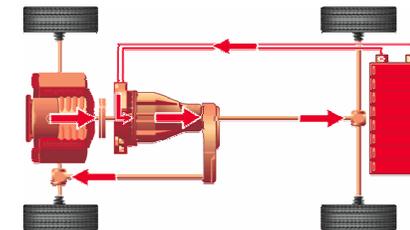
### Cruising/Überlandfahrt:

Bei Konstantfahrt mit dem Verbrennungsmotor wird dieser gleichzeitig zum Generator betrieben und lädt die Batterie neu auf.



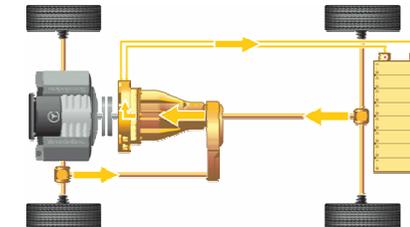
### Beschleunigung/Boosten:

Beide Antriebe sind parallel aktiv und vereinen ihre Dynamik.

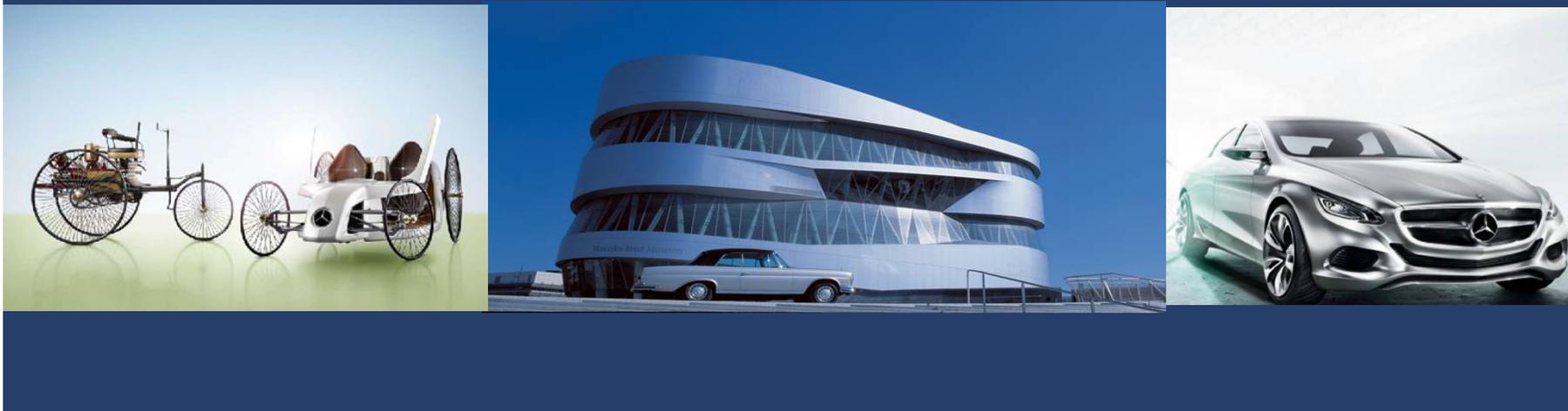


### Rekuperation beim Bremsen:

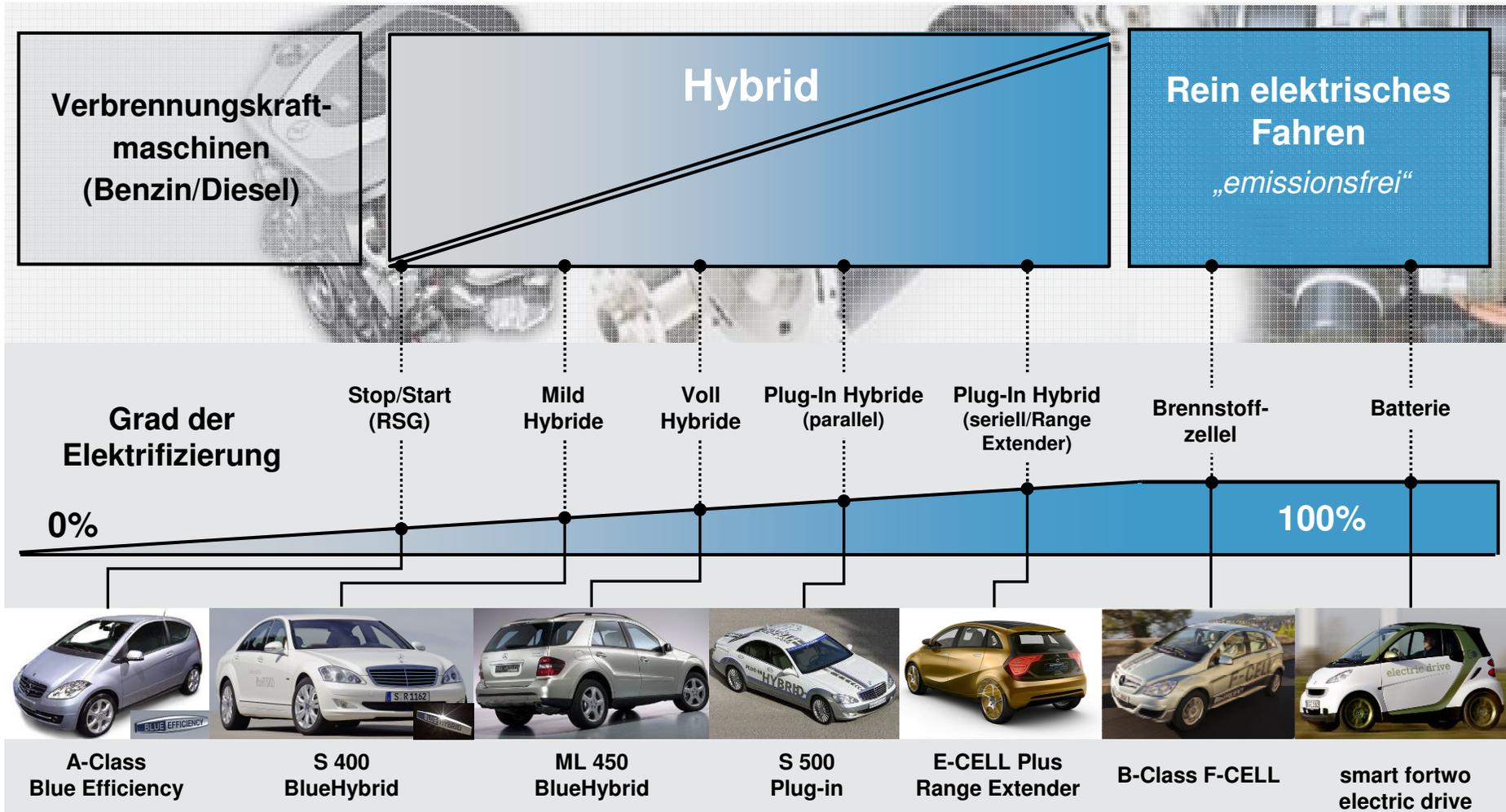
Beim Bremsen betreiben die Räder den Elektromotor über das Getriebe. Dabei wird die Batterie neu aufgeladen.



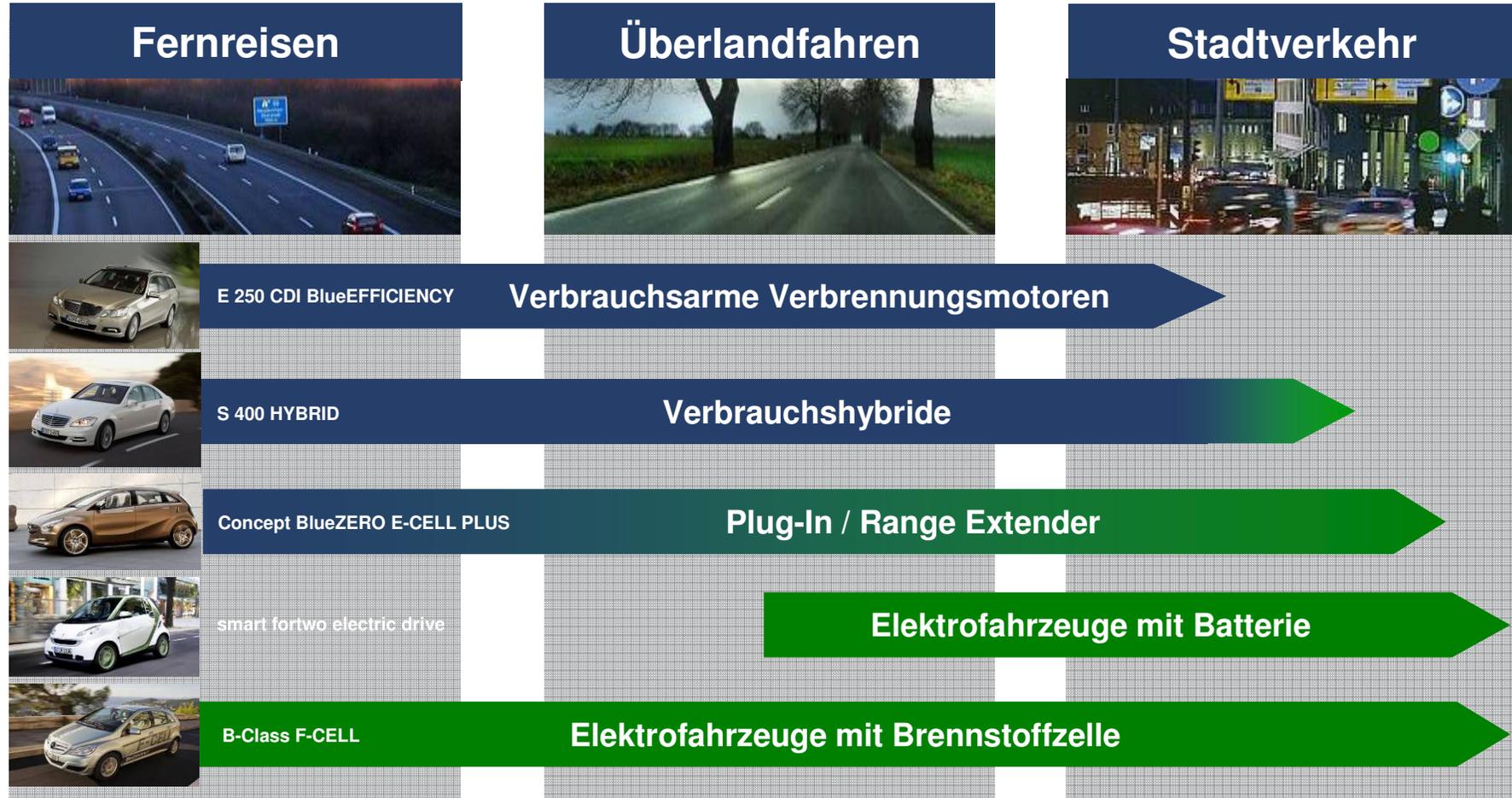
## 4. Elektromobilität und Ausbildung



# Zukünftige Mobilität wird charakterisiert durch die Elektrifizierung des Antriebsstranges



# Antriebsstrangportfolio für die Mobilität von Morgen



Verbrennungsmotor
  Emissionsfreie Mobilität

# Die Nationale Plattform Elektromobilität

## Zielsetzung ...

... ist der **Ausbau von Schlüsseltechnologien für Elektrofahrzeuge** von der Batterie bis zur Ladeinfrastruktur (Technologieführerschaft)



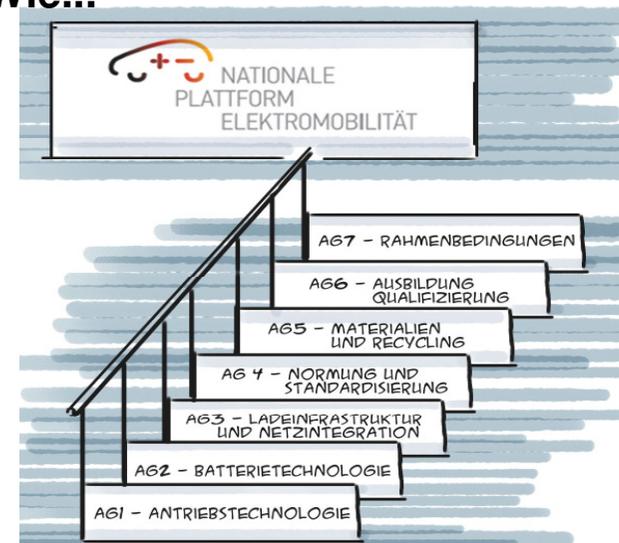
... ist es, der **innovativen Elektromobilitätstechnologie** ein Schaufenster zu bieten (1 Mio. Fahrzeuge in 2020)



## Wer...



## Wie...



## Die Nationale Plattform Elektromobilität

### AG 6 Ausbildung, Qualifizierung



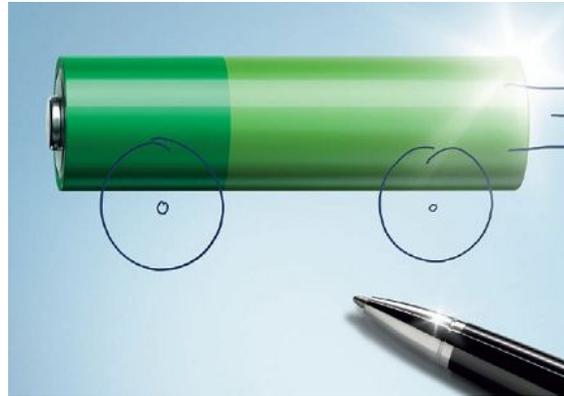
### Akademische Bildung

- **Ausbau** der **akademischen Bildung** mit Bezug auf Elektromobilität notwendig
- Zeitnahe **Verfügbarkeit** von adäquat ausgebildeten **Akademikern** von erheblicher Bedeutung für Unternehmen
- **Vernetzung der Disziplinen** ermöglicht Systembetrachtung Elektromobilität
- **Forschungsschwerpunkte** (Elektrochemie, Leistungselektronik, Leichtbau) müssen ausgebaut werden
- **Enge Verzahnung** von Forschung und Lehre notwendig, Ergebnisse müssen in die Curricula einfließen

### Berufliche Bildung

- Die **bestehenden Berufsbilder** und -inhalte müssen **weiterentwickelt** werden, keine neuen Berufe nötig
- **Umsetzungshilfen** zur Qualifizierung in der **beruflichen Aus- und Weiterbildung** sollen geschaffen werden
- **Qualifizierung der Trainer** notwendig
- **Marketing** zur Nachwuchssicherung und Fachkräfteentwicklung

## Ausbildung bei Daimler. Lösungen für die Zukunft finden.



### Ihr Weg zu uns:

#### Als Schüler / Schulabgänger/-in

- Berufsausbildung
- Schülerpraktikum
- Duale Hochschule
- Ferienbeschäftigung

#### Als Student/-in

- Praktikum
- Daimler Student Partnership - dsp
- Abschlussarbeit
- Werkstudententätigkeit

#### Als Absolvent/-in

- Trainee-Programm  
CAReer
- Direkteinstieg
- Promotion

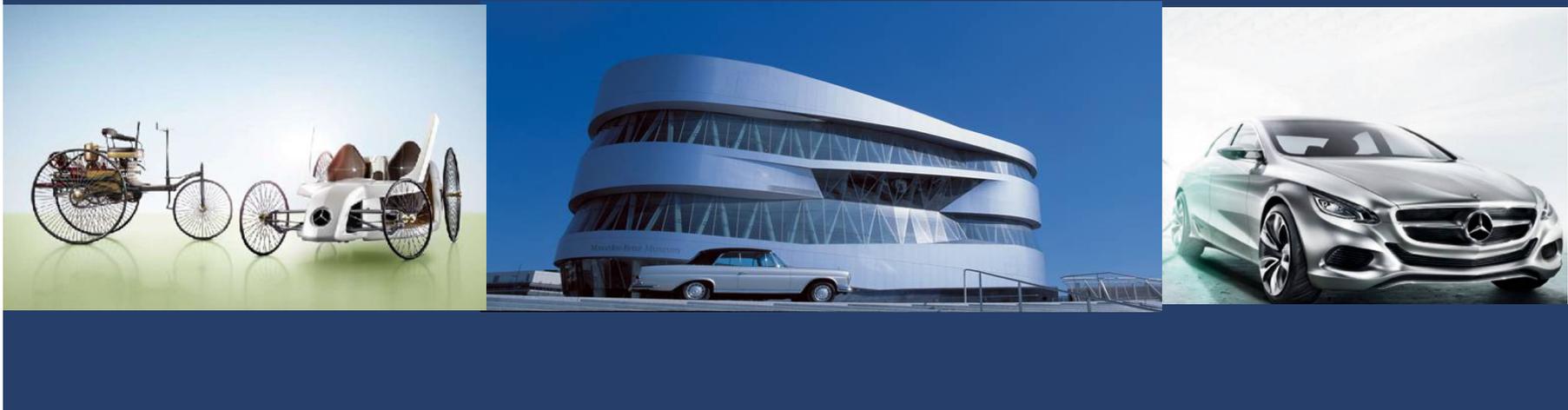
## Ausbildung bei Daimler - Das Praktikum.

- Selbstständiges Arbeiten an anspruchsvollen Themen & Projekten
- Kontakte für die Zukunft knüpfen
- Persönliche Betreuung
- Monatliche Vergütung
- Auslandspraktika an allen Standorten möglich
- Online-Bewerbung für alle dt. Standorte

Allein in Deutschland vergeben wir ca. 5.000 Praktikantenstellen jährlich in vielfältigen Einsatzgebieten.



## 5. Roadmap nachhaltige Mobilität



# Roadmap einer nachhaltigen Mobilität

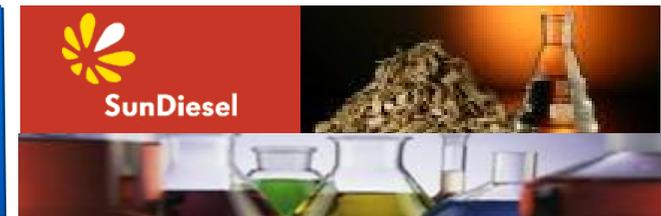
Heute

Zukunft

Emissionsfreies Fahren  
mit BZ / Batterie



Verbesserte &  
alternative Kraftstoffe



Effiziente Autos  
mit effizienten *Antriebssträngen*  
mit oder ohne *Hybridbausteinen*



# Verbrauchsverbesserungen Fahrzeug



## Energiemanagement

- Elektrifizierte Nebenaggregate
- Optimierte Getriebe
- Generatormanagement
- Reduzierter Bordstromverbrauch



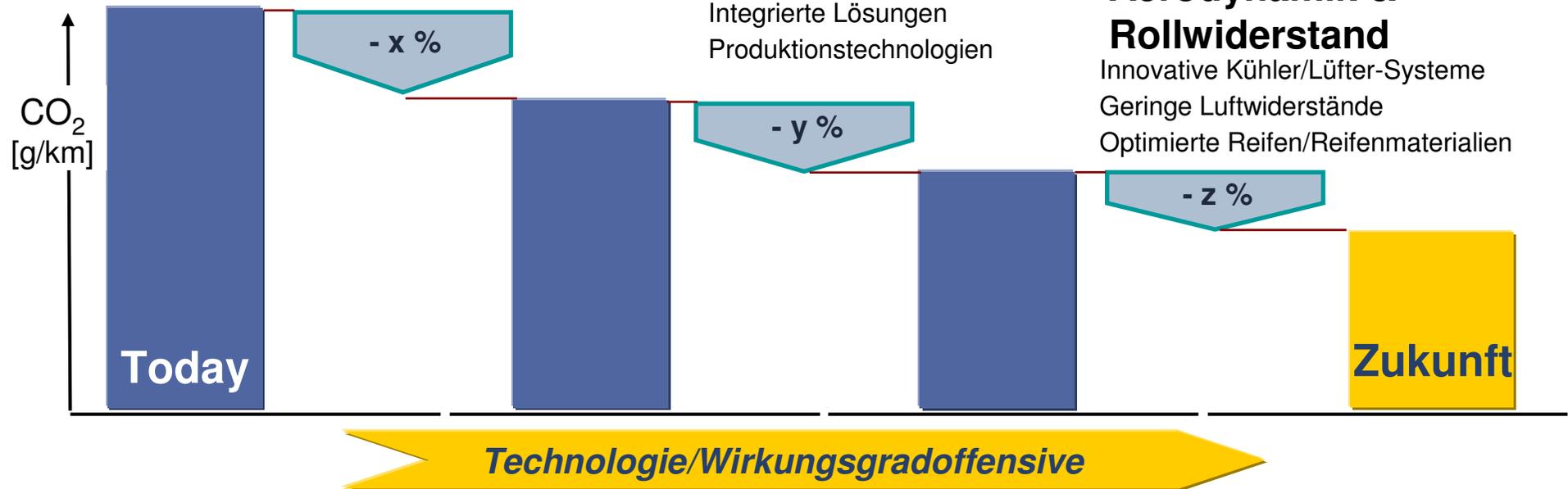
## Leichtbau

- Leichtbaumaterialien
- Integrierte Lösungen
- Produktionstechnologien



## Aerodynamik & Rollwiderstand

- Innovative Kühler/Lüfter-Systeme
- Geringe Luftwiderstände
- Optimierte Reifen/Reifenmaterialien



## Verbrauchsverbesserungen V.-Motoren



### Dieselmotor



#### Charakteristika

- 😊 Verbrauch
- ☹️ Emissionen

#### Schlüsseltechnologien:

- Common Rail Einspritzsystem
- Verbrennungsprozeß
- Homogenisierung
- Turbolader
- Abgasnachbehandlung

### Benzinmotor



#### Charakteristika

- 😊 Emissionen
- ☹️ Verbrauch

#### Schlüsseltechnologien:

- Reduzierung Zylinderanzahl
- Direkteinspritzung
- Aufladung
- Reduktion von Reibungsverlusten
- Wärmemanagement

**Ziel:**

**Benzinfahrzeuge so verbrauchsgünstig wie Dieselfahrzeuge;  
Dieselfahrzeuge so sauber wie Benzinfahrzeuge**

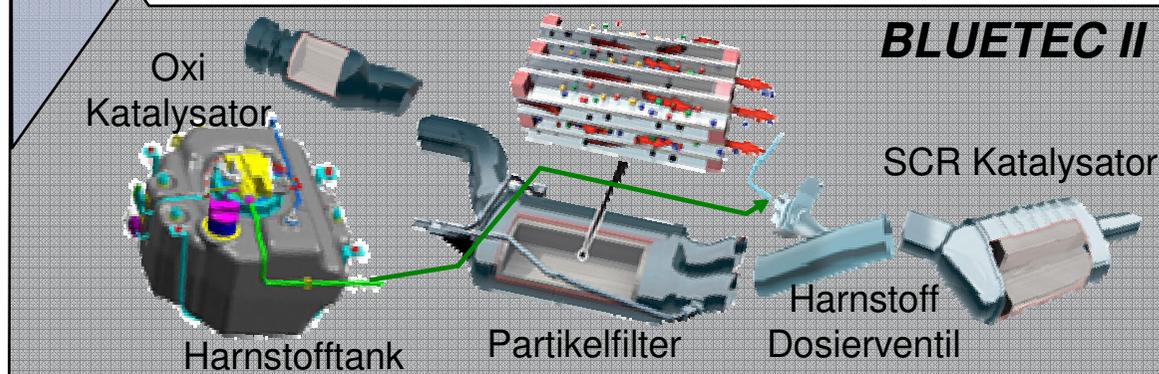
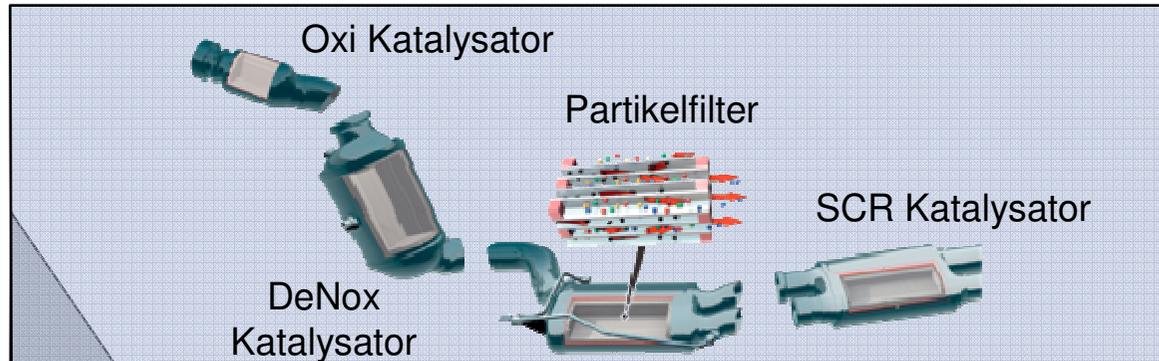
# Abgassystem BLUETEC für saubere Diesel



## Fahrzeugsegment



## Das optimale System für jede Anwendung



BLUETEC II erfüllt die sehr ambitionierten Emissionsstandards EU5 and EU6 während CO<sub>2</sub> Wirkungsgrade erhalten bleiben.

## Hybridmodule



Hybridtechnologien sind Teil der Gesamtstrategie



Smart Mikro Hybrid



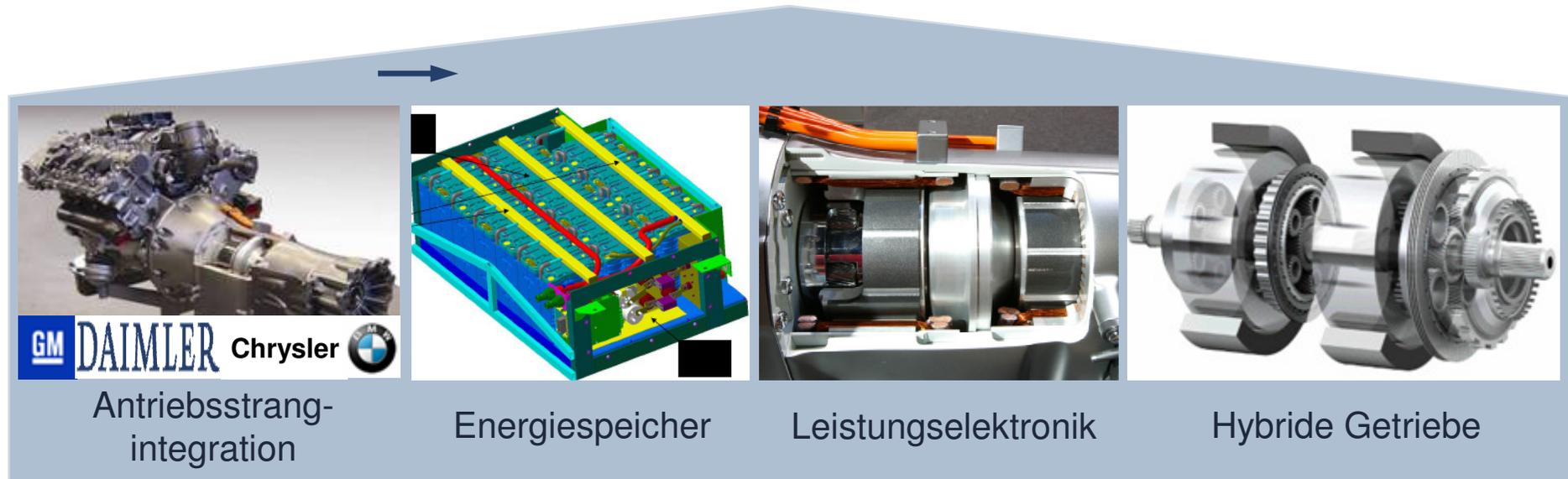
BLUETEC Hybrid



Hybrid Light Truck



Hybridbus



## Erdgas (CNG) – Alternative für den Stadtverkehr.



**CNG Fahrzeuge sind eine vernünftige Alternative für die Erreichung geringer Emissionen im Innenstadtbereich.**  
(Taxen, Busse, Stadtfahrzeuge, etc)



- Geringere Emissionen verglichen mit Dieselmotoren
- Geringere Partikelemissionen (vs. Diesel)
- Geringere CO<sub>2</sub>-emissions (up to 25%, vs. Benzin)
- Ideal für aufgeladene Motoren

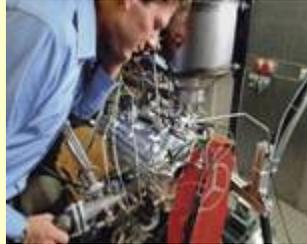


- Größere Tankvolumina im Fahrzeug
- Geringere Reichweiten



## Ölfeld oder Kornfeld ?



	<b>Food crops</b> 1 <sup>st</sup> Generation 	<b>Biomasse</b> 2 <sup>nd</sup> Generation 
<b>Gasoline</b>	<b>Ethanol</b> 	<b>Eco-Ethanol</b> 
<b>Diesel</b>	<b>Bio-Ester</b> 	<b>BTL</b> 




- Synthetische Kraftstoffe aus Biomasse (z.B. Holzabfälle).
- Potential um 20% des Dieselkraftstoffbedarfes in der EU abzudecken
- Bis zu 90% weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen
- 50% weniger Partikel
- 90% weniger CO- and HC-Emissionen

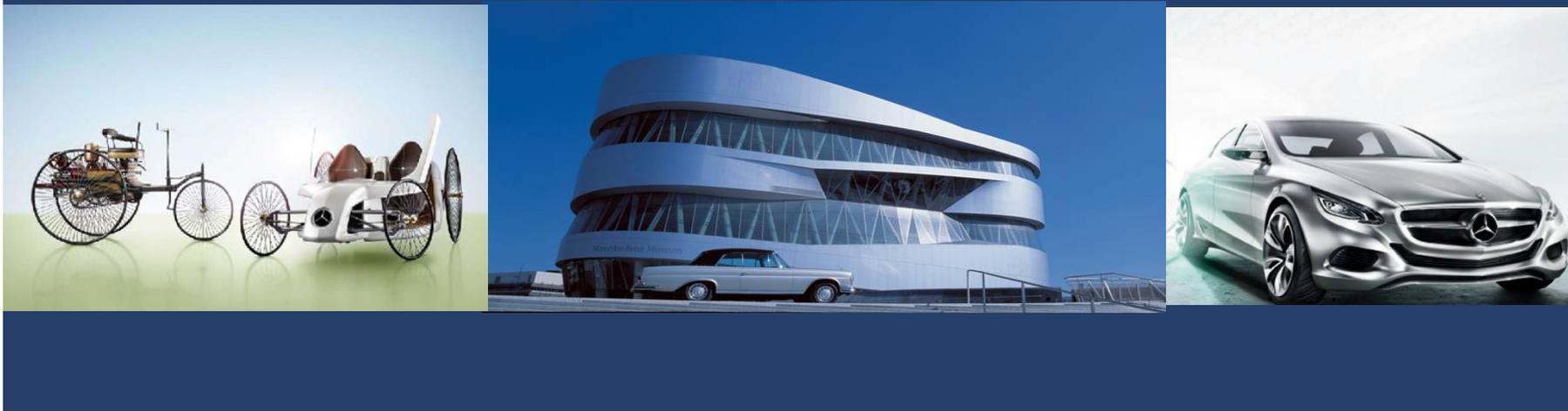
**DAIMLER** 

## Nachhaltige Mobilität ist mehr als nur die Einsparung von Kraftstoff.





## 6. Nullemissionsfahrzeuge



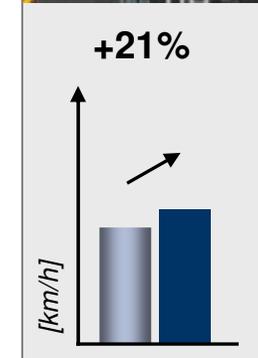
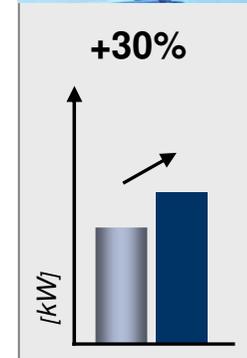
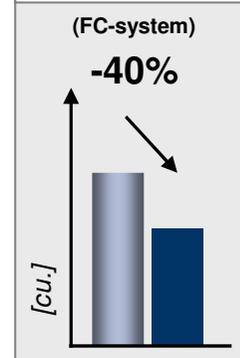
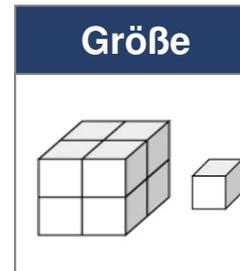
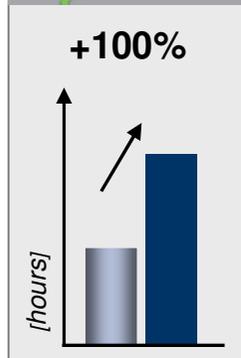
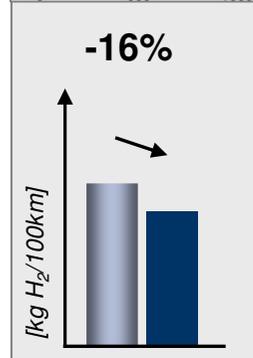
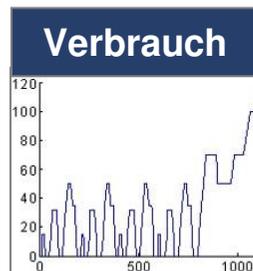
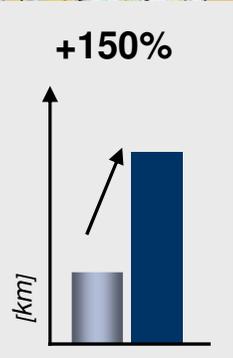
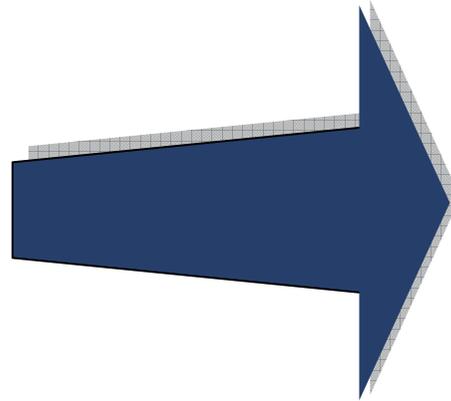
## smart fortwo und A-Klasse E-Cell



Technische Daten	
Fahrzeug	smart fortwo (Phase 2)
Motor	Output: 30 kW (41 PS) Max. Drehmoment: 120 Nm
Reichweite (NEFZ)	150 km
Höchstgeschwindigkeit	100 km/h (limited)
Batterie	Li-Ion, Energie: 18 kWh

Technische Daten	
Fahrzeug	Mercedes-Benz A-Class (W169)
Motor	Max. Output: 70kW (95 PS) Max. Drehmoment: 290 Nm
Reichweite (NEFZ)	240 km
Höchstgeschwindigkeit	150 km/h (limited)
Batterie	Li-Ion, Energie: 36 kWh

## Technischer Stand Brennstoffzellenfahrzeuge



## Herausforderungen für Nullemissionsfahrzeuge



### Brennstoffzellenantrieb

- Zellstack kosten- und entwicklungsintensiv
- Wasserstoff aus regenerativen Quellen
- Bundesweites Tankstellennetz



### Batterieelektrischer Antrieb

- Batterie kosten- und entwicklungsintensiv
- Strom aus regenerativen Quellen
- Bundesweite Ladeinfrastruktur

# Herausforderung Reichweite beim Batteriefahrzeug



Electrode reaction      E°, V

**Li<sup>+</sup> + e = Li      -3.05**

Rb<sup>+</sup> + e = Rb      -2.98

Cs<sup>+</sup> + e = Cs      -2.92

K<sup>+</sup> + e = K      -2.92

Ba<sup>2+</sup> + 2e = Ba      -2.92

Sr<sup>2+</sup> + 2e = Sr      -2.89

Ca<sup>2+</sup> + 2e = Ca      -2.84

Na<sup>+</sup> + e = Na      -2.71

Mg<sup>2+</sup> + 2e = Mg      -2.38

Ti<sup>2+</sup> + 2e = Ti      -1.75

Be<sup>2+</sup> + 2e = Be      -1.70

Al<sup>3+</sup> + 3e = Al      -1.66

Mn<sup>2+</sup> + 2e = Mn      -1.05

Zn<sup>2+</sup> + 2e = Zn      -0.76

Ga<sup>3+</sup> + 3e = Ga      -0.52

Fe<sup>2+</sup> + 2e = Fe      -0.44

Cd<sup>2+</sup> + 2e = Cd      -0.40

In<sup>3+</sup> + 3e = In      -0.34

Tl<sup>+</sup> + e = Tl      -0.34

Co<sup>2+</sup> + 2e = Co      -0.27

Ni<sup>2+</sup> + 2e = Ni      -0.23

Sn<sup>2+</sup> + 2e = Sn      -0.14

Pb<sup>2+</sup> + 2e = Pb      -0.13

D<sup>+</sup> + e = 1/2D<sub>2</sub>      -0.003

Electrode reaction      E°, V

**H<sup>+</sup> + e = 1/2 H<sub>2</sub>      0.000**

Cu<sup>2+</sup> + 2e = Cu      +0.34

1/2O<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + 2e = 2OH<sup>-</sup> +0.40

Cu<sup>2+</sup> + 2e = Cu      +0.52

Hg<sup>2+</sup> + 2e = 2Hg      +0.80

Ag<sup>+</sup> + e = Ag      +0.80

Pd<sup>2+</sup> + 2e = Pd      +0.83

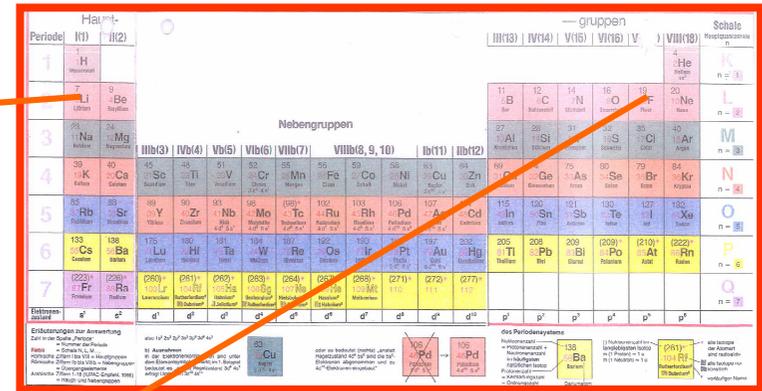
Ir<sup>3+</sup> + 3e = Ir      +1.00

Br<sub>2</sub> + 2e = 2Br<sup>-</sup>      +1.07

O<sub>2</sub> + 4H<sup>+</sup> + 4e = 2H<sub>2</sub>O      +1.23

Cl<sub>2</sub> + 2e = 2Cl<sup>-</sup>      +1.36

**F<sub>2</sub> + 2e = 2F<sup>-</sup>      +2.87**



**Theoretische Energiedichte**

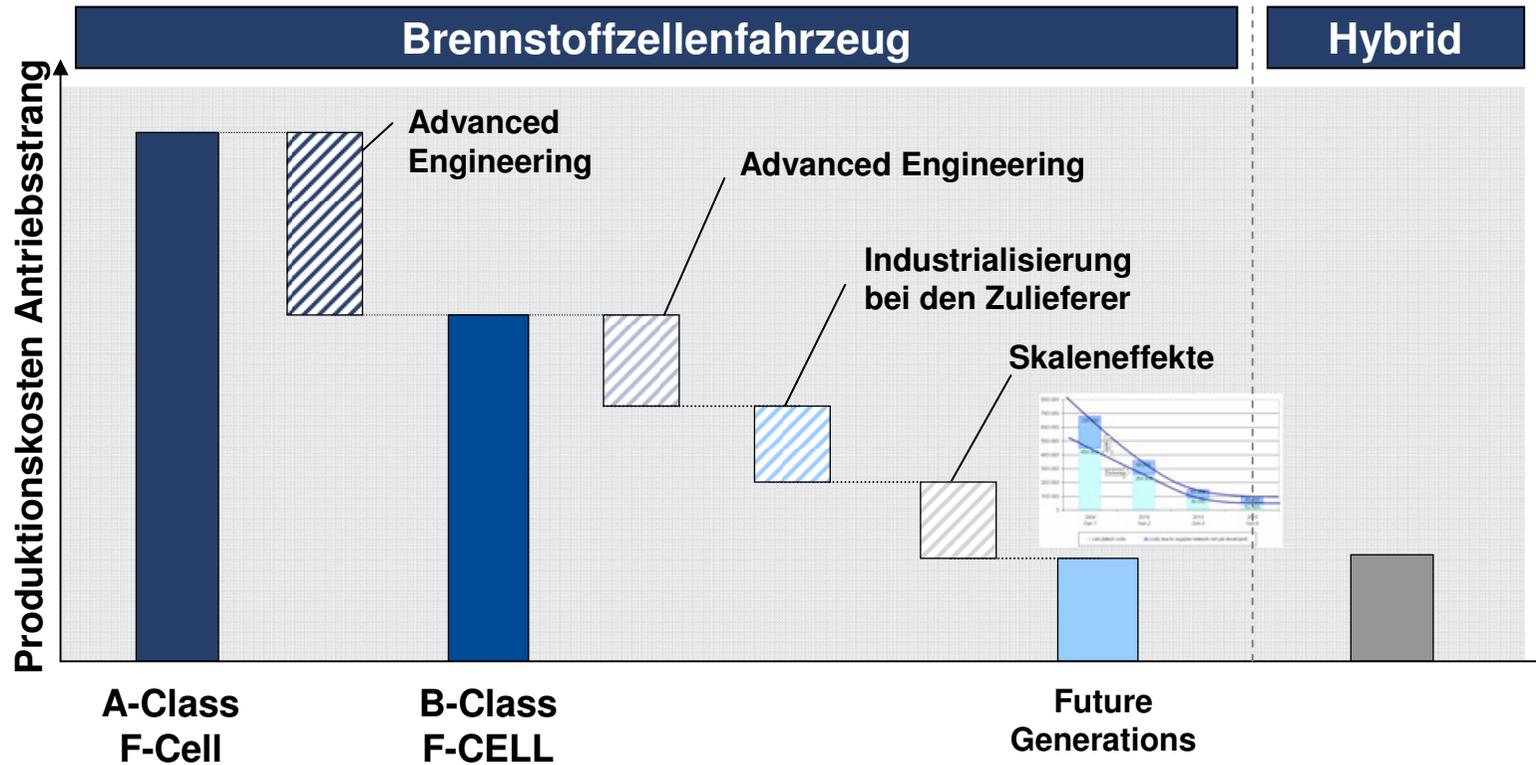
$$E = \frac{U n F}{M} \quad [\text{Wh/kg}]$$

U = Spannung [V]  
 n = Wertigkeit  
 F = Faradaysche Konstante [26,8 Ah/mol]  
 M = Molekulargewicht [g/mol]

Reaktion	Spannung	Energiedichte
<b>2Li + F<sub>2</sub> → 2 LiF</b>	<b>-5,92 V</b>	<b>1,03 Ah/g    6,10 Wh/g    6100 Wh/kg</b>

**Heute: 100 Wh/kg!**

# Kostenpotenziale Brennstoffzellentechnologie



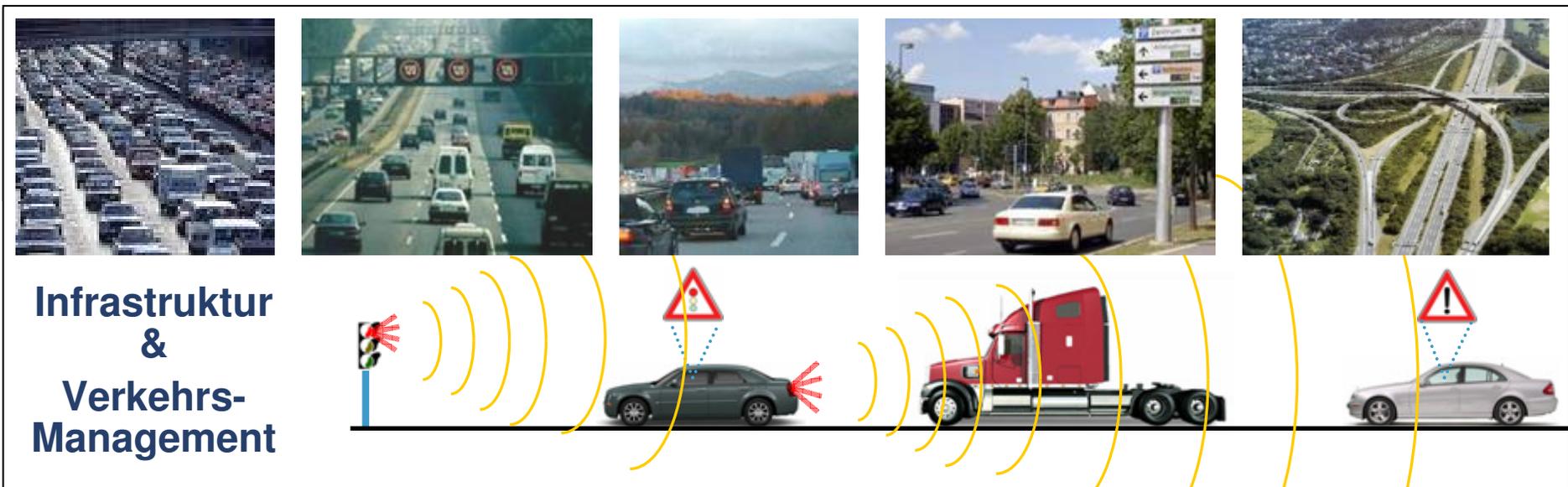
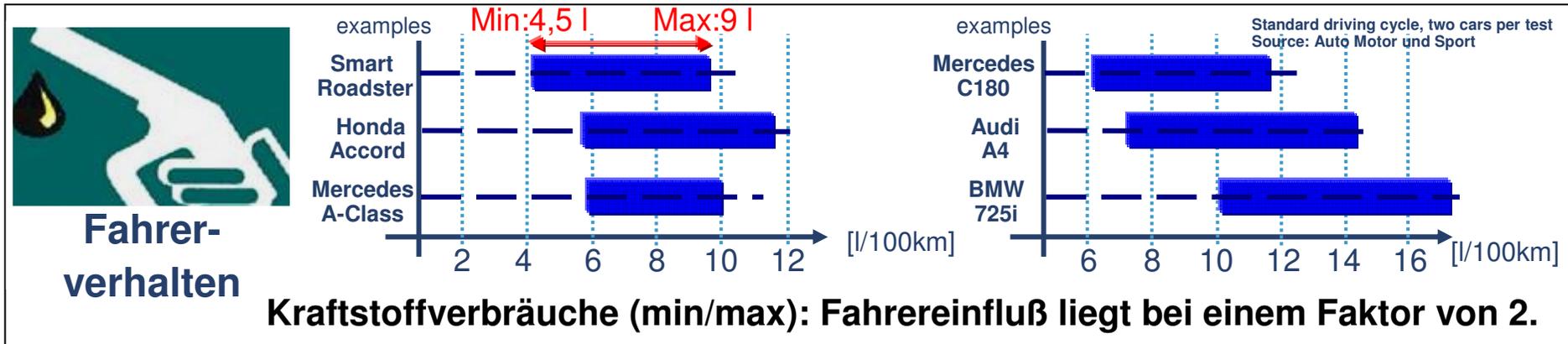
- Produktionskosten können in naher Zukunft reduziert werden
- Total Cost of Ownership (TCO) kann den von künftigen Hybriden erreichen

# DAIMLER

## 8. Integrierter Lösungsansatz



# Fahrverhalten, Verkehrsmanagement und Infrastruktur sind Schlüsselfaktoren für eine nachhaltige Mobilität.



## Integrierter Mobilitätsansatz

### Automobilindustrie

- Geringe Emissionen
- Effiziente Antriebe
- Nullem.-antriebe

### Kraftstoffindustrie

- Verbesserte Kraftstoffe
- Alternative Kraftstoffe



### Kunden

- Fahrverhalten
- Fahrzeugkauf

### Gesetzgeber

- Gesetzgebung
- Geeignete Infrastruktur

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**

Mercedes-Benz Museum

