



# Taugt das 1-Liter-Auto als Vorbild für die Massenmotorisierung?

**Prof. Dr.-Ing. Horst E. Friedrich**  
**DLR, Institut für Fahrzeugkonzepte**  
**energie trialog Schweiz, Villingen, 22. Juni 2007**



# Standorte und Mitarbeiter

5.300 Mitarbeiter arbeiten in 28 Forschungsinstituten und Einrichtungen in

- 8 Standorten,
- 7 Außenstellen.

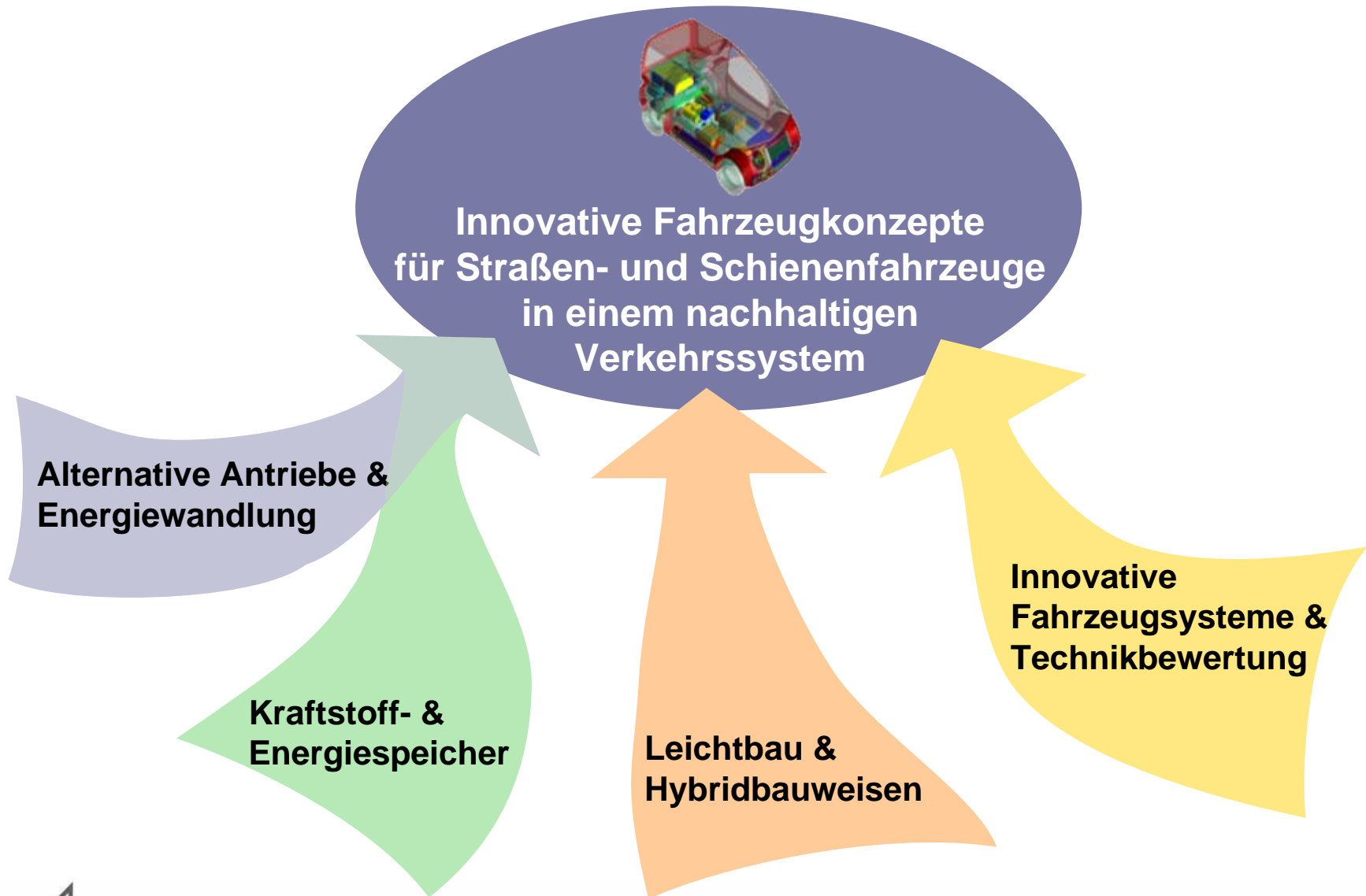
Außenbüros in Brüssel, Paris und Washington.

## Programmdirektionen

- Luftfahrt
- Weltraum
- Energie
- Verkehr



# Die Vision



# VW 1-Liter Auto (26 g CO<sub>2</sub>/km)

- Erstfahrt: 15. April 2002
- Verbrauch: 0,89 l/100 km  
(23 g CO<sub>2</sub>/km)



## Bauart

- Tandem-Monoposto
- Mittelmotor
- Mg-Spaceframe-Bauweise
- Leergewicht: 290 kg
- C<sub>w</sub>\*A: 0,159 m<sup>2</sup>

## Fahrwerk

- Vorn: Doppelquerlenker aus Leichtmetall
- Hinten: DeDion- Achse in CFK-Aluminium
- Rollwiderstandsarme Leichtbaureifen ( $f_R < 0,007$ )

## Antrieb

- Leistung: 6,3 kW
- 1 Zylinder-3V-PD-SDI
- 6-Gang Direktschaltgetriebe
- Schwungrad-Starter-Generator



# Was ist für Mittelklasse-Fahrzeuge in Volumenserie erreichbar?



# Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch

## Fahrwiderstandsgleichung

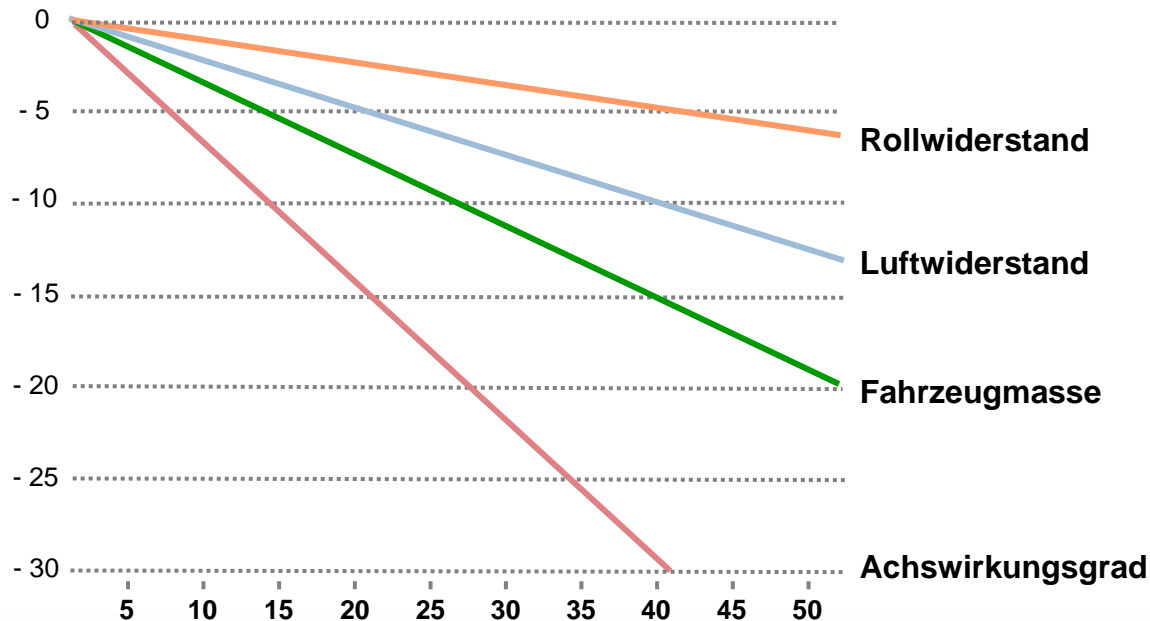
$$F = (1 + C_{rot}) \cdot m \cdot a + m \cdot g \cdot f_R(v) \cdot \cos \alpha + \frac{\rho_L}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot v^2 + m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

## Streckenverbrauch

$$B_e = \frac{\int b_e \cdot \frac{1}{\eta_{Antrieb}} \cdot F \cdot v dt}{\int v dt}$$

$b_e$ : spez. Kraftstoffverbrauch

## Potenzialübersicht



(gültig für Kleinwagen/Subcompact)



# Potenziale von konventionellen Antriebssträngen und Hybriden



# Verbrauchsminderung bei Verbrennungsmotoren



## Ansatzpunkte

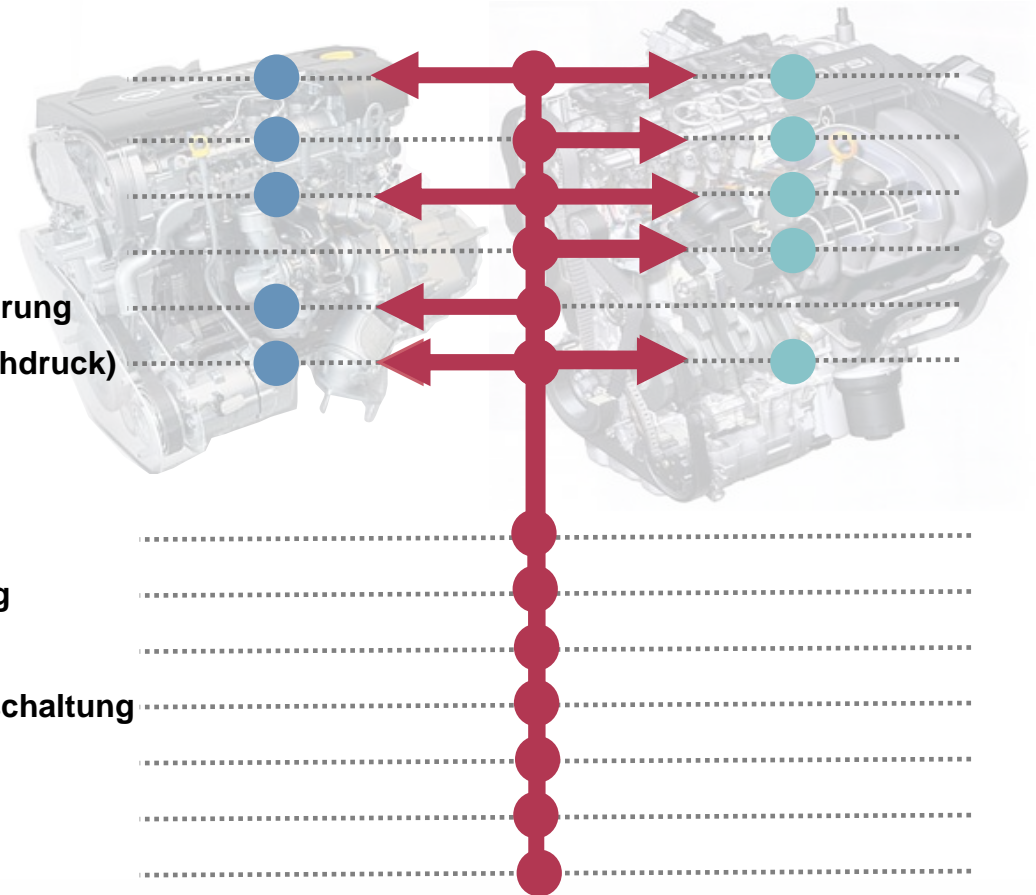
- Verlustleistungen
- Ladungswechselverluste
- Verschiebung des Lastkollektivs
- Entdrosselung
- Verbrauchsoptimale Verbrennungsführung
- Verbesserung Wirkungsgrad (u.a. Hochdruck)

## Technologien

- Optimierung Lagerung, Tribologie
- Direkteinspritzung, Abgasrückführung
- Variable Verdichtung
- Downsizing & Aufladung, Zylinderabschaltung
- Variable Ventilsteuerung
- Optimierte Aufladung
- Homogenisierung

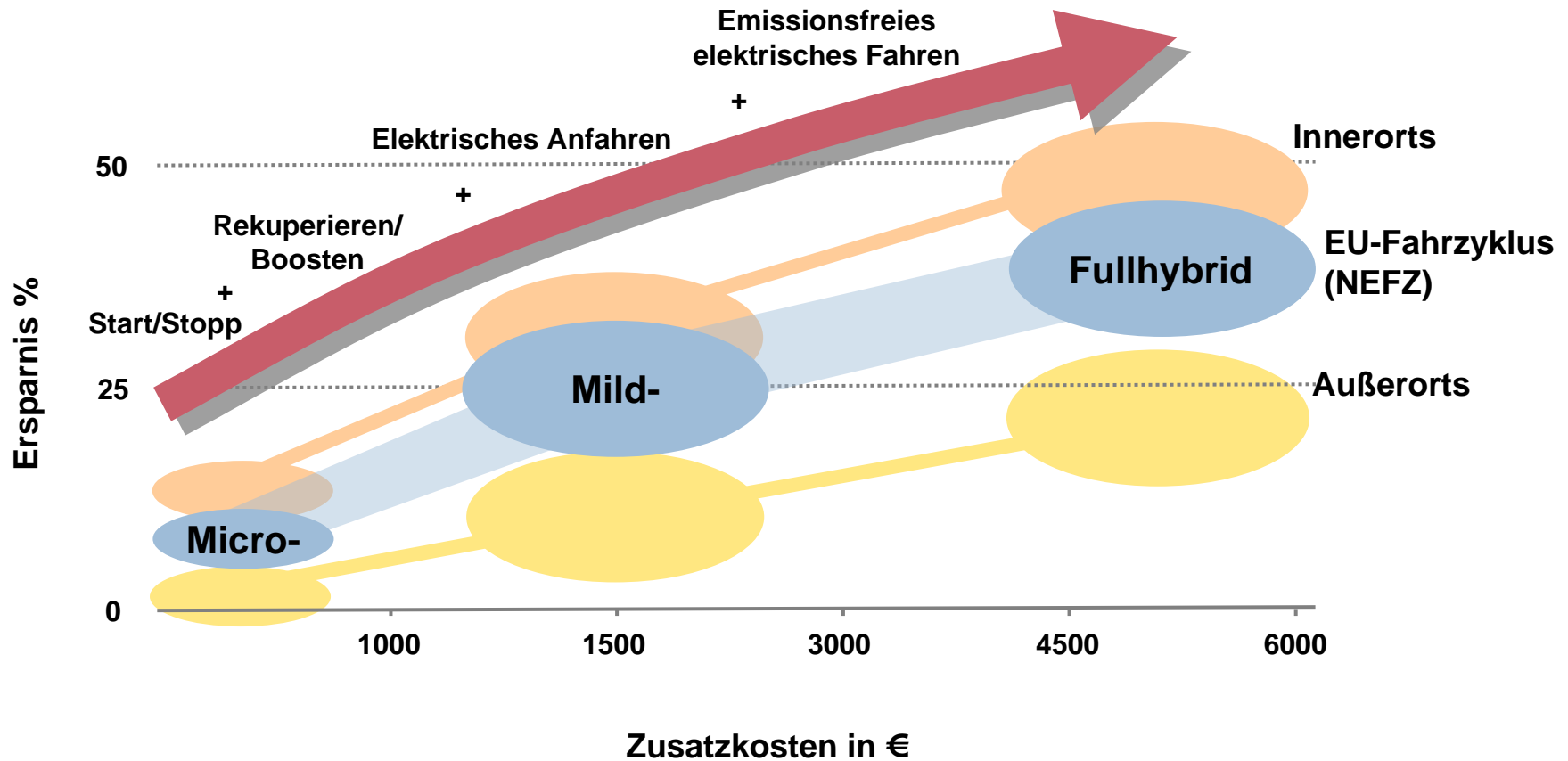
Dieselmotor

Ottomotor



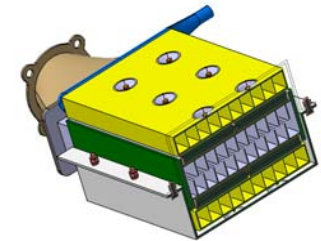
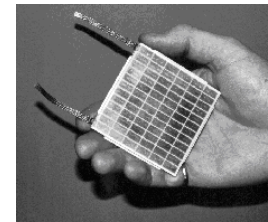
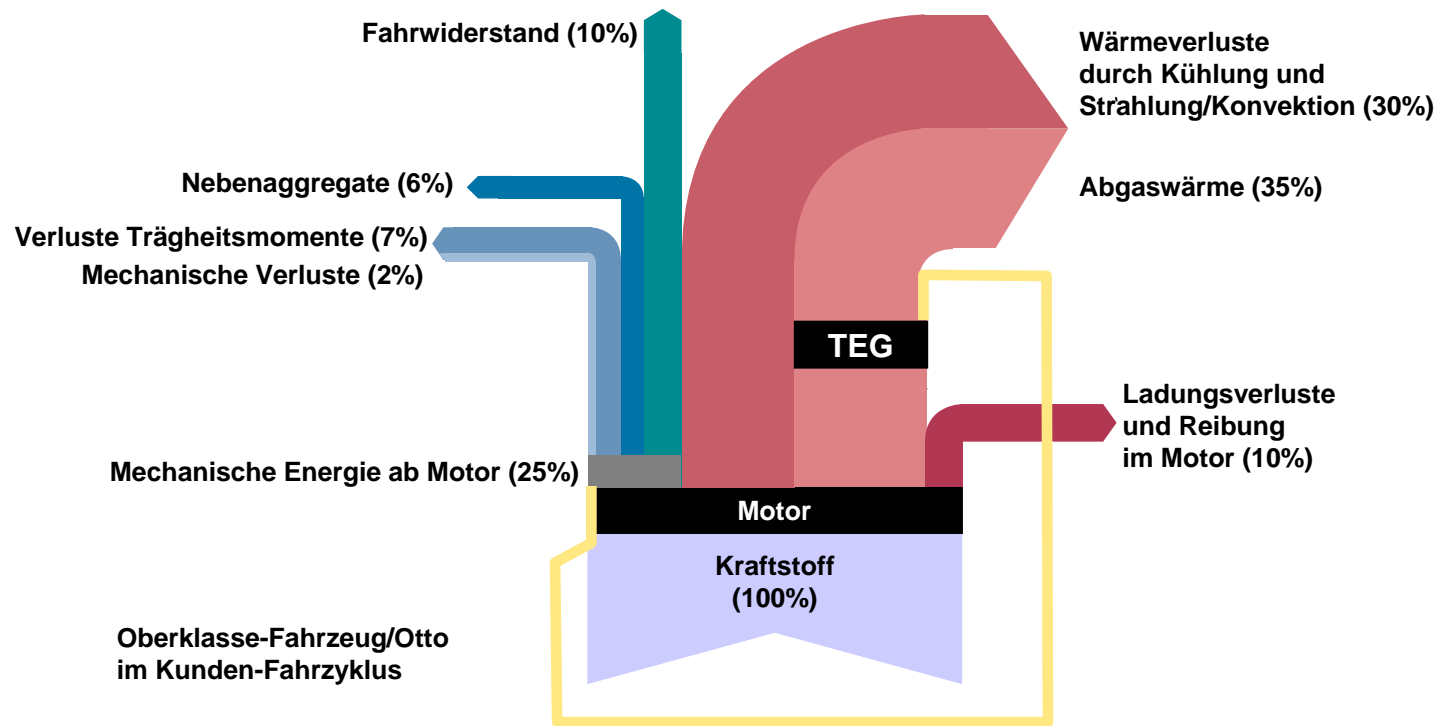
# Elektro-Hybridantriebe

## Kraftstoffeinsparung versus Kosten



# Nutzung von Verlustwärmeströmen

## Beispiel: Thermoelektrischer Generator (TEG)



Einsparungspotenzial je nach Systemauslegung: etwa 4 g CO<sub>2</sub>/km

# Leichtbau Konzepte

## ➤ Topologie-Optimierung, Design

Beispiel: Vorderwagen

## ➤ Multi Material Design

Beispiel: Spant-Spaceframe Bauweise

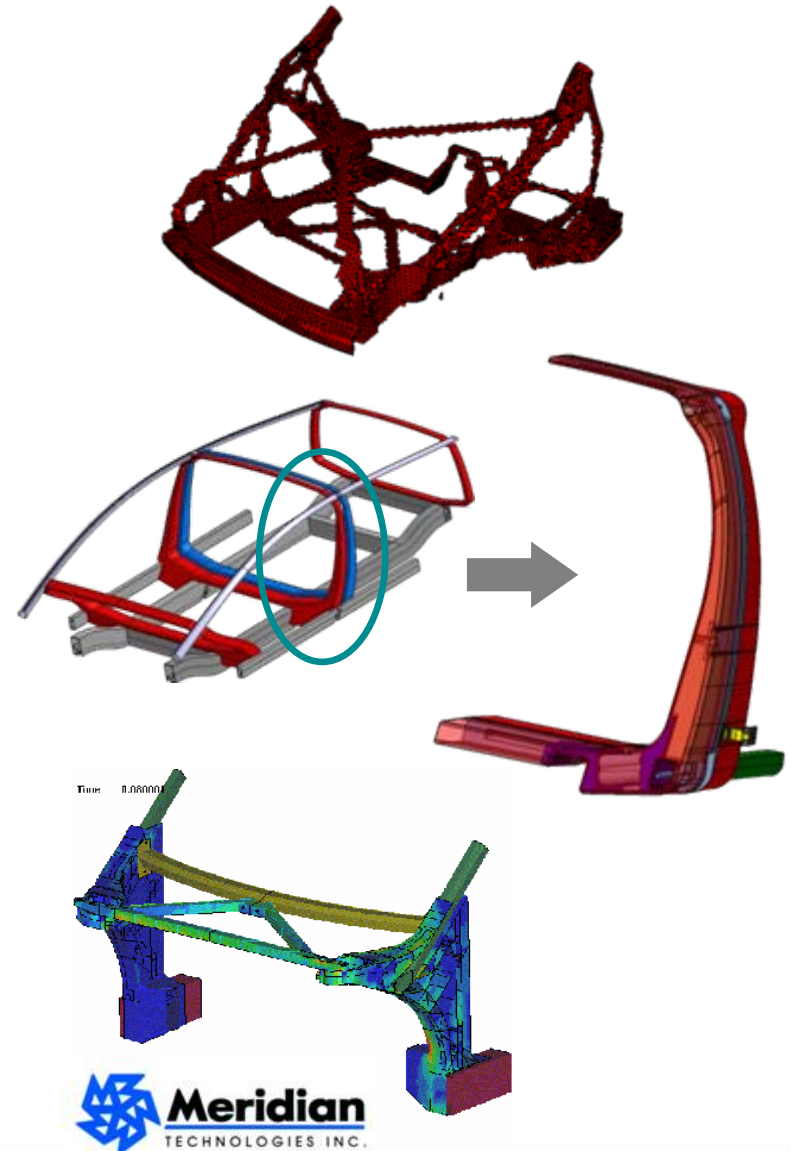
## ➤ Hochintegration

Beispiel: Integration von Federbeinaufnahme und A-Säule in einem Bauteil

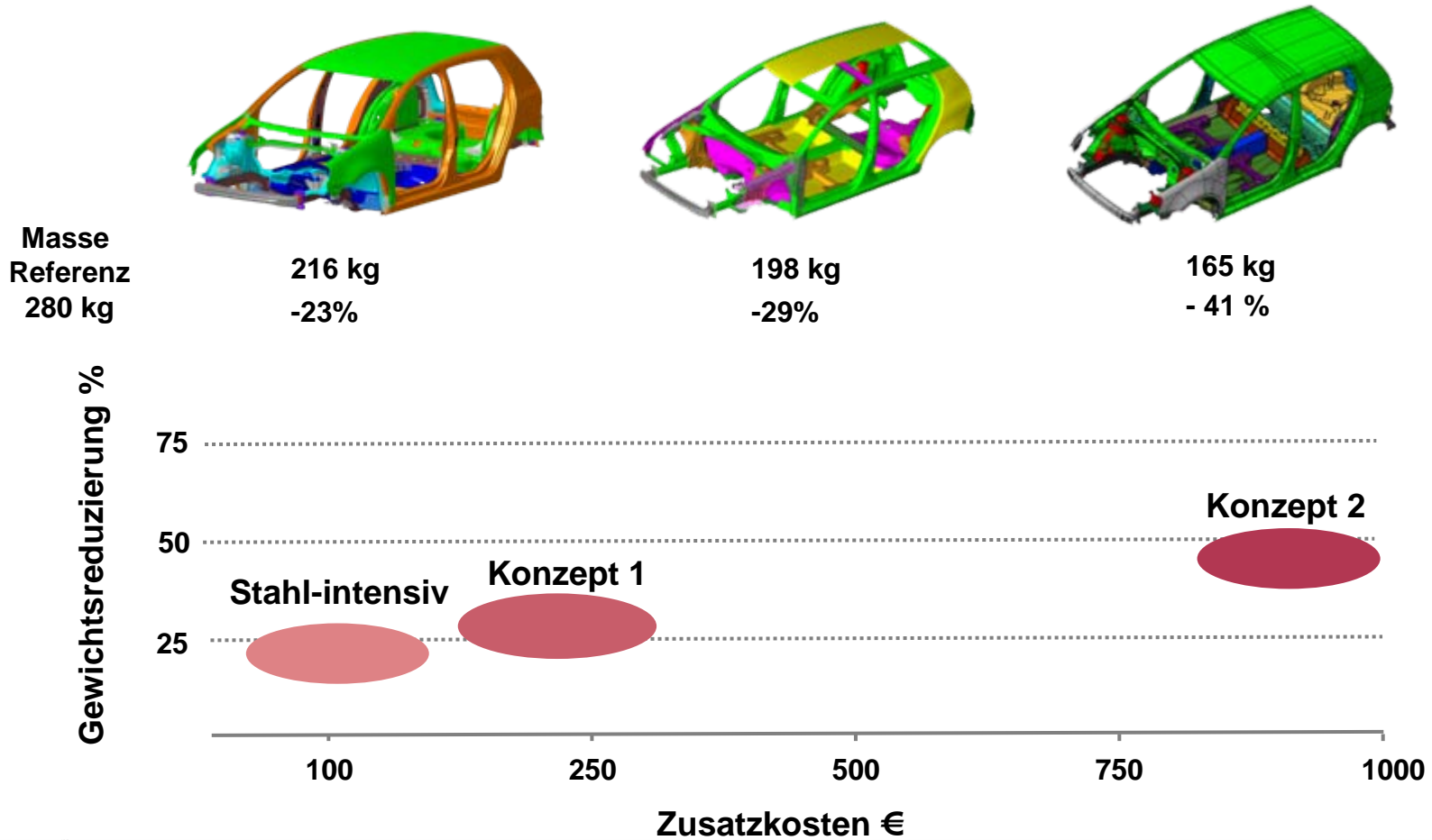


**Reduktion der Masse um 100 kg**  
**führt zu Kraftstoffeinsparungen von ca.**  
**0,35 l/100 km Otto- bzw. 0,28 l/100 km Dieselkraftstoff**  
**8,4 bzw. 7,6 g CO<sub>2</sub>/km**

(Poznanski-Eisenschmidt)

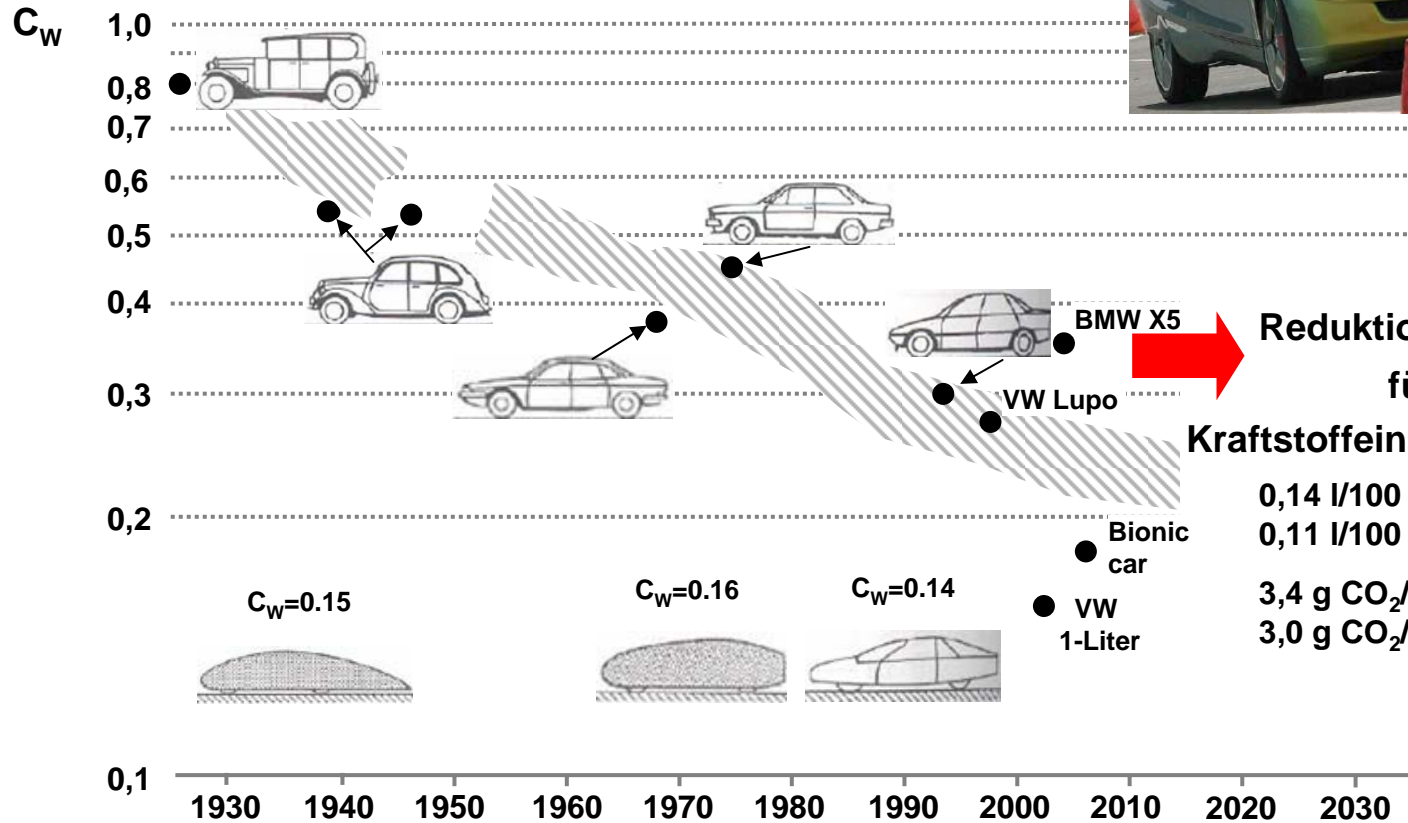


# Potenziale für Leichtbau Body-Konzepte



# Aerodynamik

## Entwicklung Luftwiderstandsbeiwert



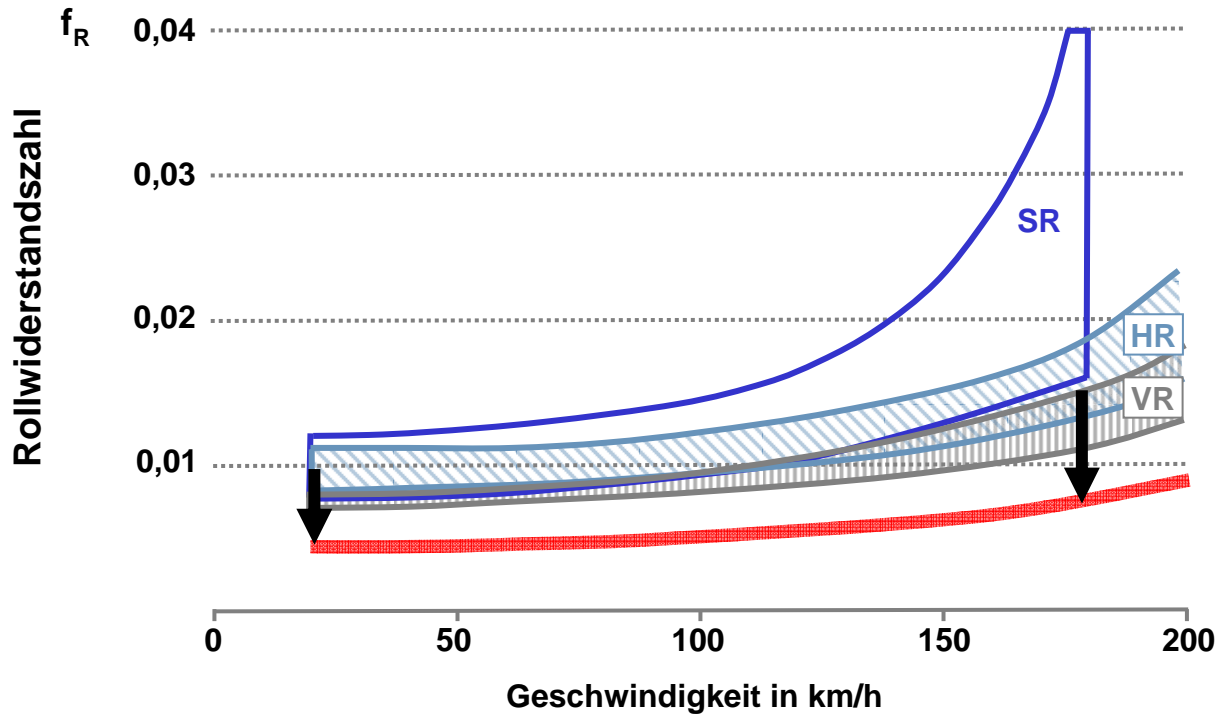
Reduktion  $c_w \cdot A$  um  $0,1 \text{ m}^2$   
führt zu  
Kraftstoffeinsparungen von ca.

0,14 l/100 km Otto- bzw.  
0,11 l/100 km Dieselkraftstoff  
3,4 g CO<sub>2</sub>/km (Otto) bzw.  
3,0 g CO<sub>2</sub>/km (Diesel)

(Poznanski-Eisenschmidt)



# Rollwiderstand

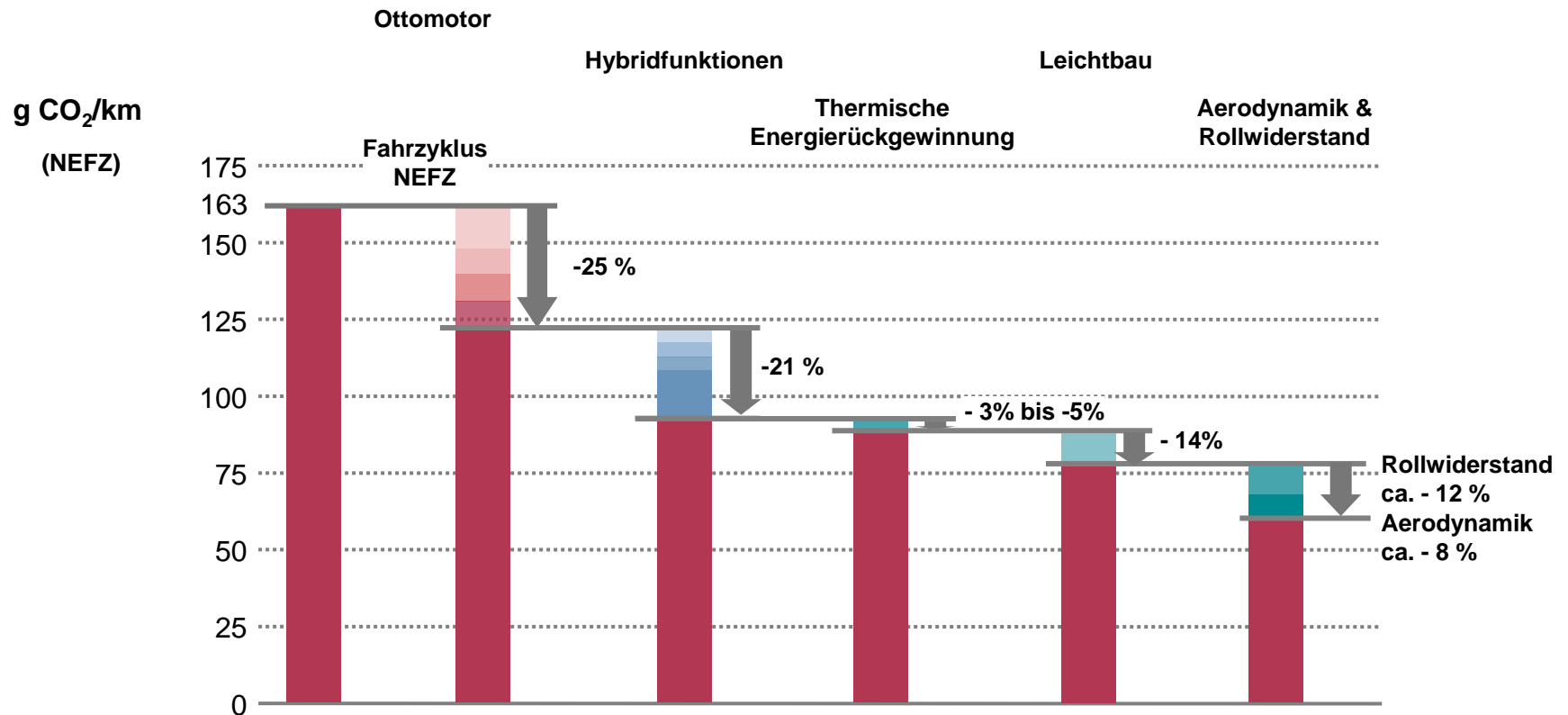


**50 % Reduktion bis 2030**

(Quelle: Michelin, Continental)

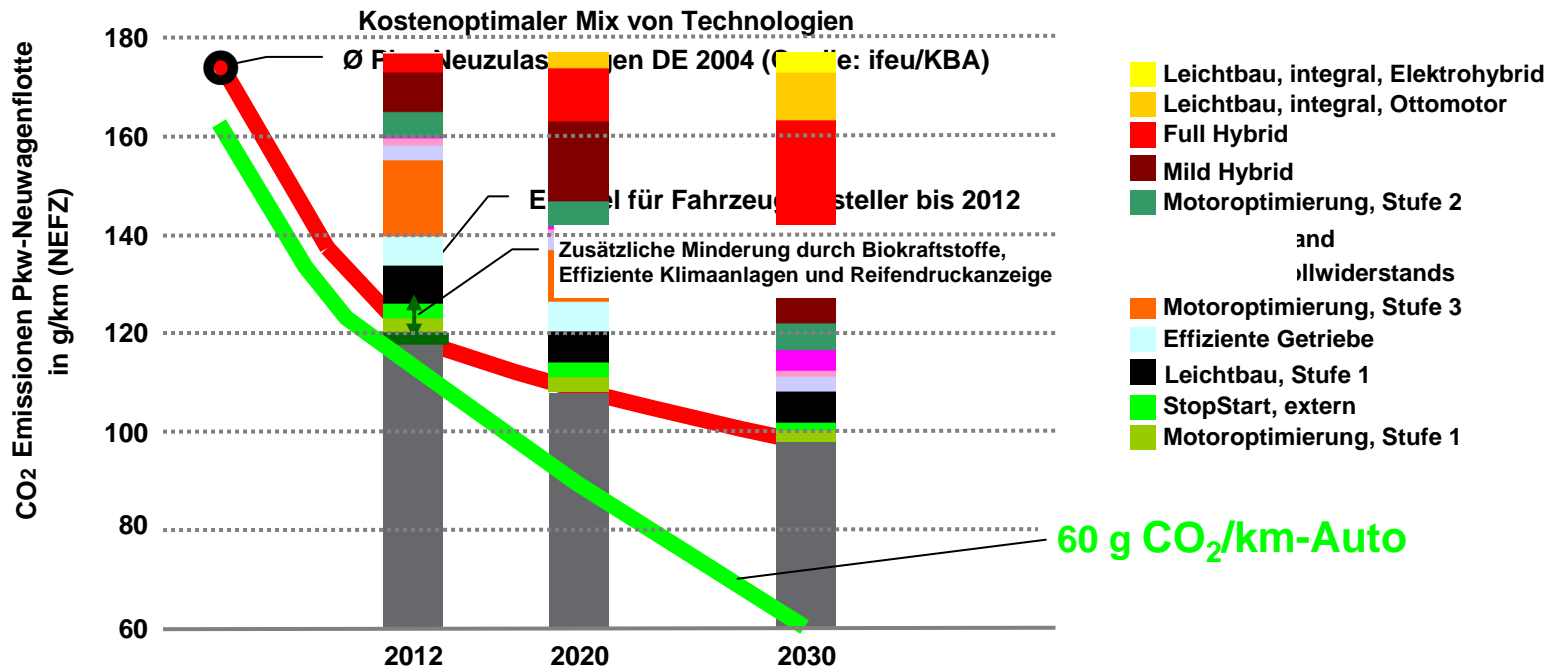
**Reduktion von  $f_R$  um 0,001 führt zu Kraftstoffeinsparungen von ca.  
 0,08 l/100 km Otto- bzw. 0,06 l/100 km Dieseldieselkraftstoff  
 1,9 g CO<sub>2</sub>/km (Otto) bzw. 1,6 g CO<sub>2</sub>/km (Diesel)**

# Potenziale zur CO<sub>2</sub>-Reduktion



# Technologiemix in der Flotte

## Szenario „Ambitioniertes CO<sub>2</sub>-Ziel“

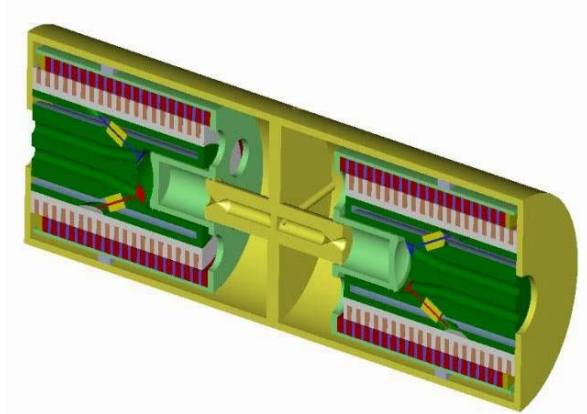
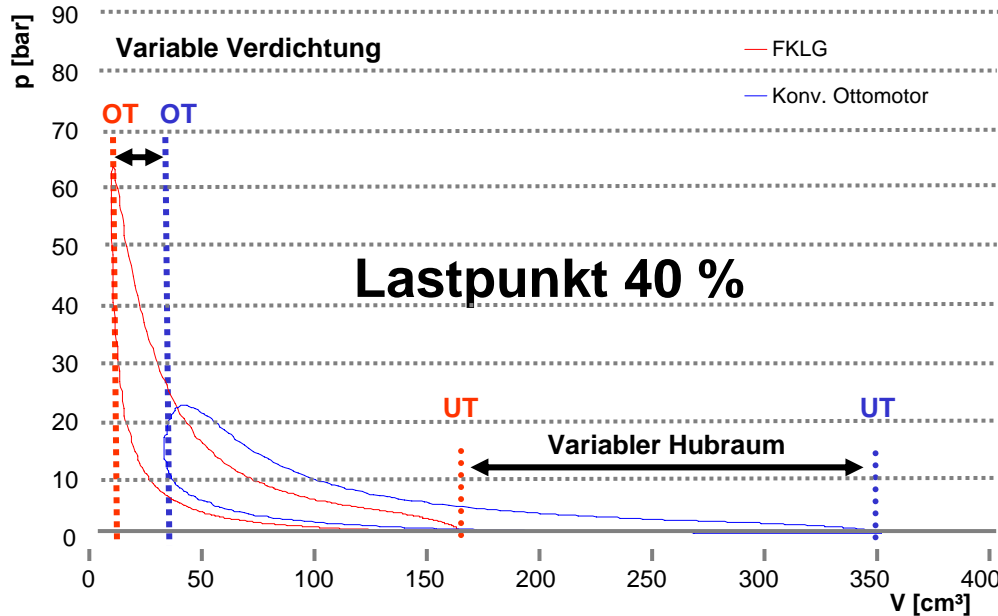


# Alternative Kraftstoffe und Energiewandlung



# Freikolbenlineargenerator (FKLG)

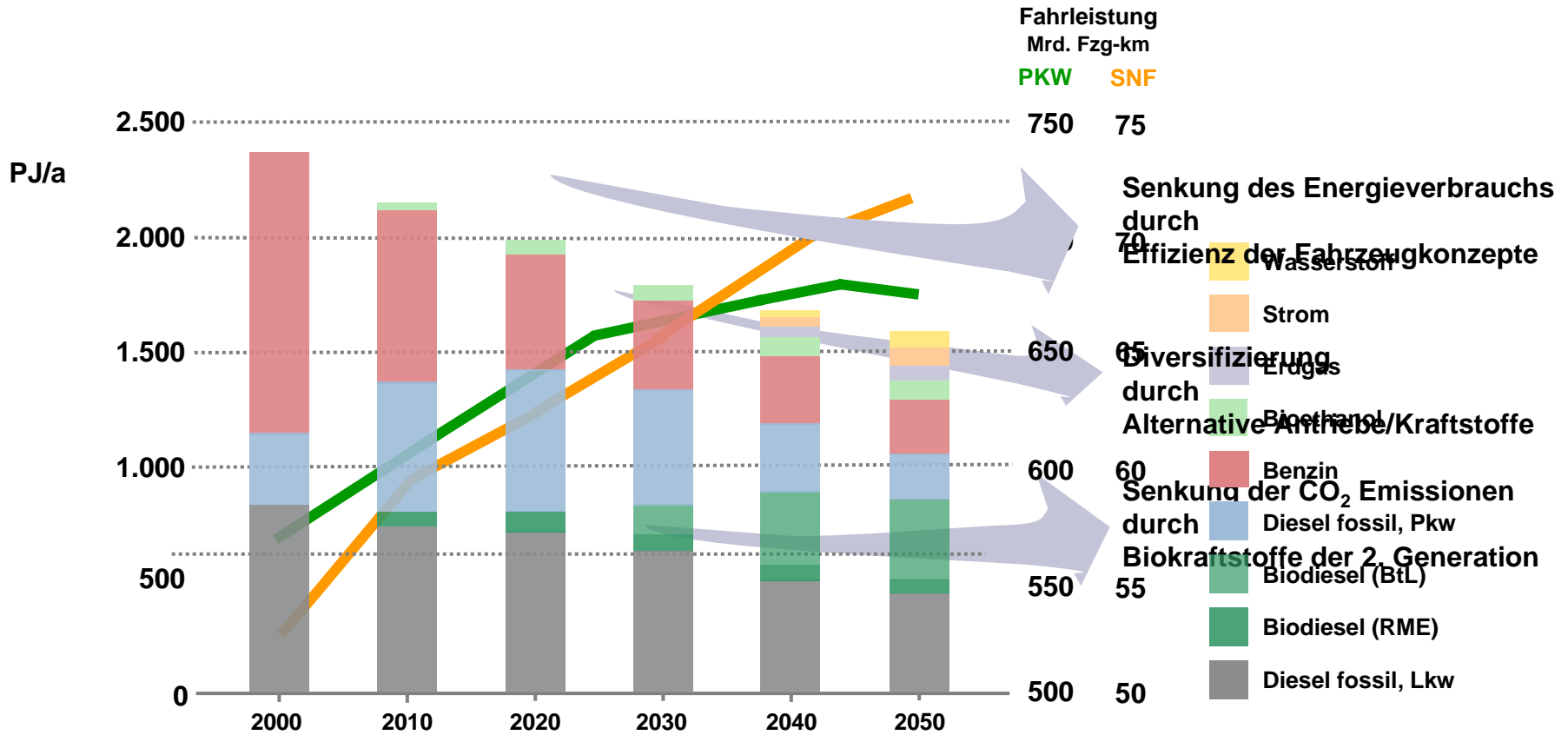
Hohe Teillastwirkungsgrade durch variable Verdichtung und variablen Hubraum



Lastpunkt	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
Wirkungsgrad für Ottokraftstoff - Strom ohne Aufladeverluste und Peripheriekomponenten	33.7 %	35.0 %	35.2 %	32.8 %	30 %

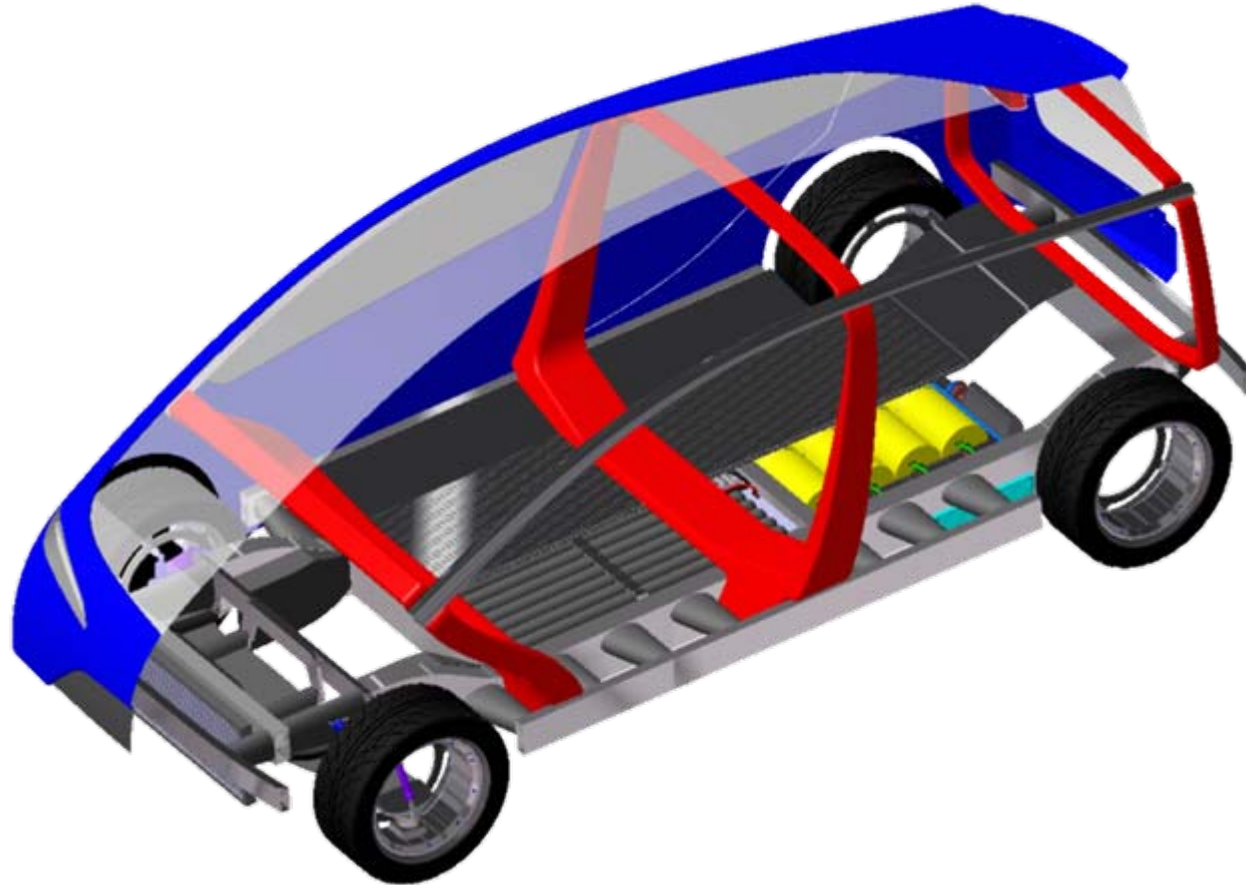
# Kraftstoffszenario für Deutschland

Hohe Fahrzeugeffizienz & flüssige Biokraftstoffe



# Fazit

- **Das 1-Liter Auto ist technisch machbar**
- **Ein 60 g CO<sub>2</sub>/km-Fahrzeug in der Mittelklasse ist mittelfristig realisierbar**
- **Forschungs- und Entwicklungsaufwand ist notwendig um entsprechende Kostenziele zu erreichen**
- **Alternative Kraftstoffe müssen einen Beitrag zur weitgehend CO<sub>2</sub>-neutralen Mobilität liefern**



**Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!**

