

A dark blue car is shown in a futuristic setting with solar panels in the background. The car is positioned in the center-left of the frame, and the solar panels are on the right. The background is a dark, cloudy sky.

Antriebe zukünftiger Automobile von Diesotto, Synfuel und Hybrid zum Elektroauto

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Dr. h.c. Cornel Stan

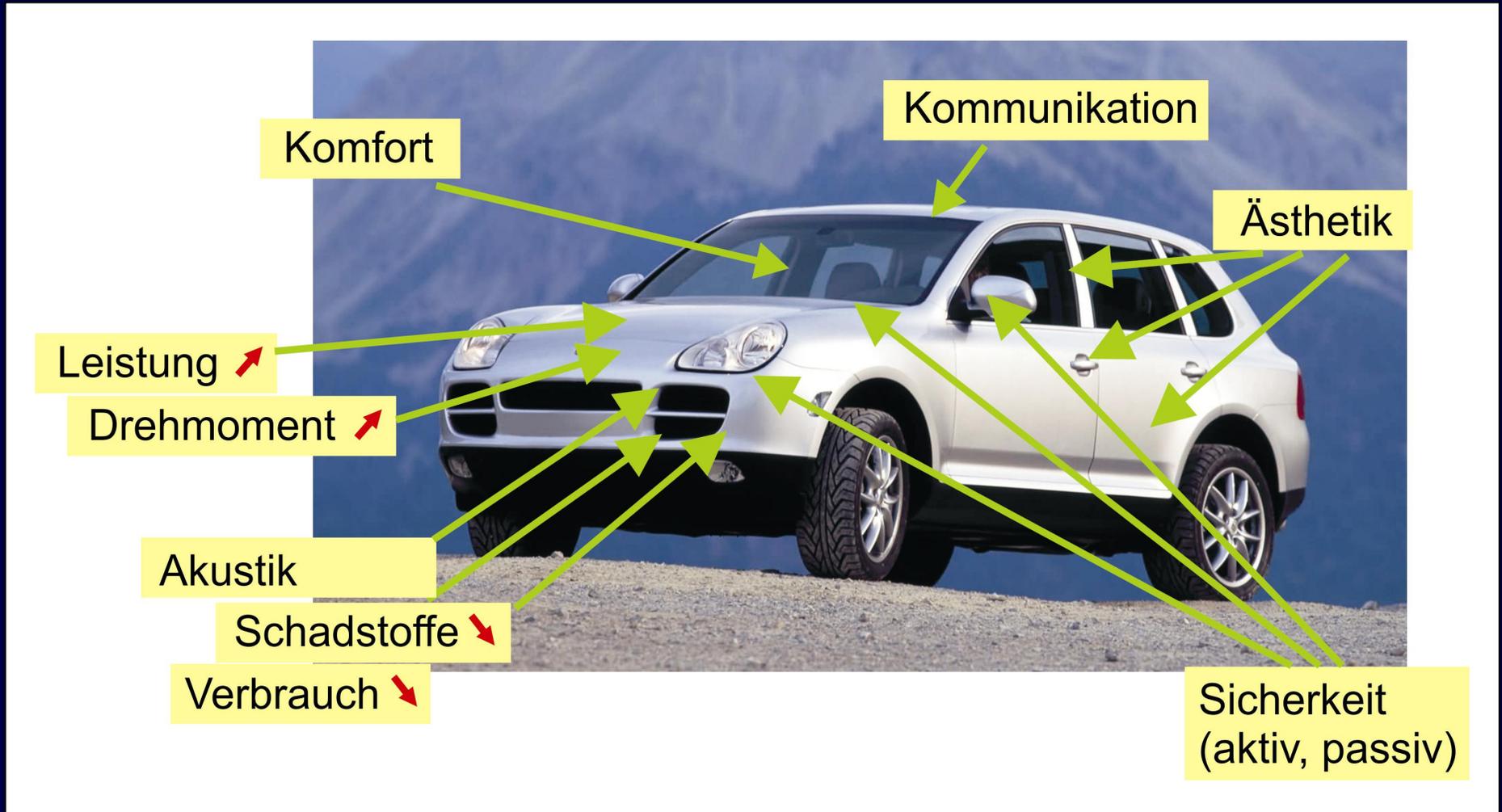
***Vorstandsvorsitzender
Forschungs- und Transferzentrum e. V.
an der Westsächsischen Hochschule Zwickau***

Berlin, 2. März 2010

TÜV Sachverständigentag 2010

Prof. Dr. Stan

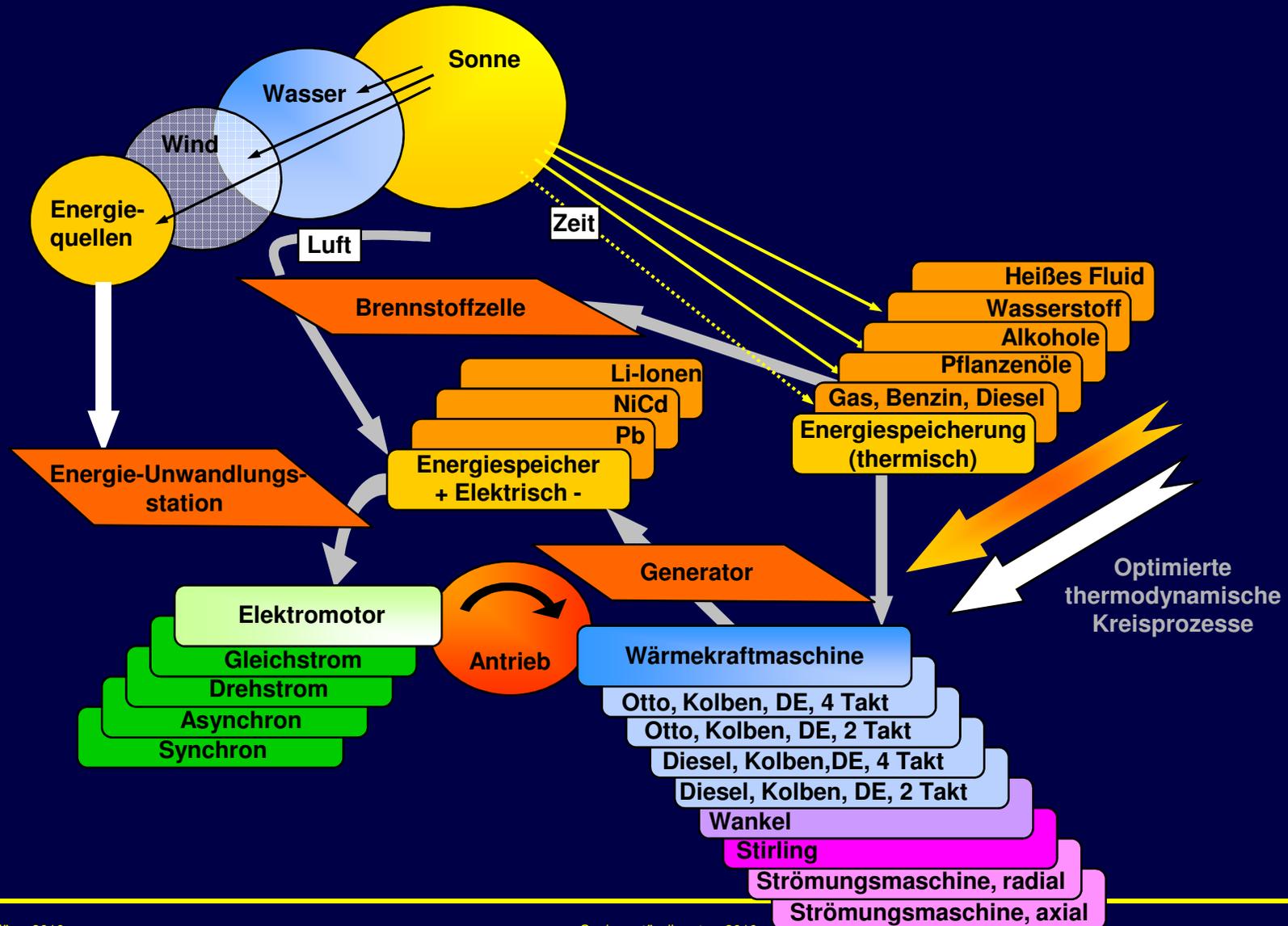
Das Automobil und seine Funktionen



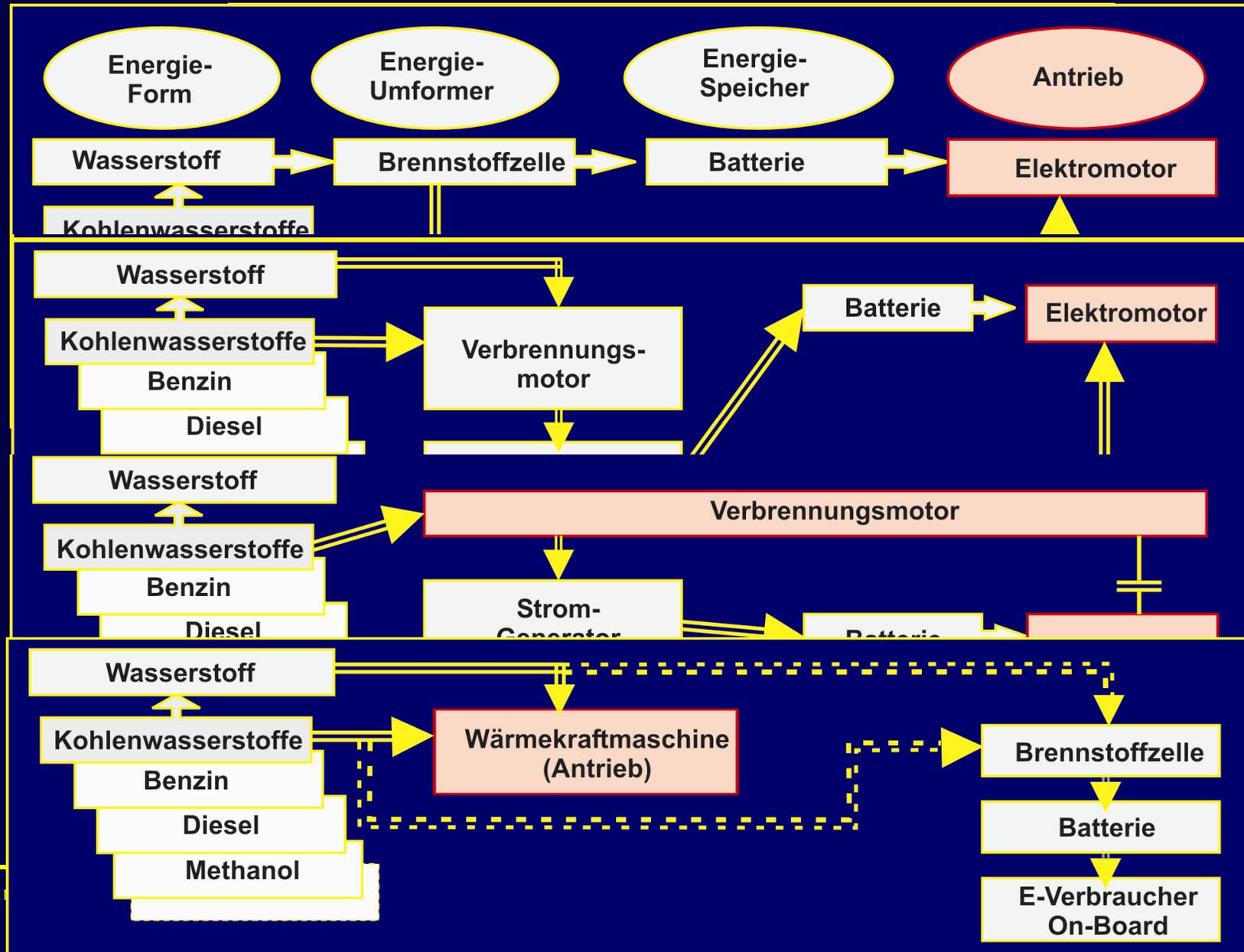
• Antriebssysteme und Energiemanagement

- Diesotto – Konvergenz und Divergenz der Funktionen
- Synfuel - Erdgas, Wasserstoff, Energie aus Pflanzen
- Hybride - Kombinationen von Antriebsformen
- Das Elektroauto – Batterie, Brennstoffzelle, Range Extender
- Schlussfolgerungen – welcher Antrieb wofür?

Übersicht der Antriebssysteme, Energiespeicherformen und Energieumwandlungskonzepte für Fahrzeugantriebe



Alternative Antriebssysteme von der Energieform zu den Antriebsmodulen – Beispiele –



Zukünftige Antriebe – Entwicklungsszenarien aus der Sicht der Automobilhersteller



DAIMLERCHRYSLER



TOYOTA



- wir bauen Hybridantriebe nur für den USA Markt
- Diesel in USA ist nicht realistisch
- In Europa ist der Dieselmotor vorteilhafter

TOYOTA

- Vollhybrid ist vorteilhaft für Stadtfahrten
- Diesel ist besser auf Landstraße und Autobahn



- Two-Mode-Hybrid in GM-BMW-Daimler nur für USA
- in Europa ist Diesel vorteilhafter
- Diesel ist empfehlenswert für Indien, aber nicht für China und USA

DAIMLERCHRYSLER



- Hybrid (mild/micro) wird den Markt erobern

- Vollhybrid für Nischenanwendung wegen hohem Preis

5-6 [kW]
300 – 800 €

10-20 [kW]
1000 - 2000 €

4000 €
8000 €



DAIMLERCHRYSLER



- Dieselanteil in USA –15% in 2015
- Dieselantrieb hat einen um 30% niedrigeren Kraftstoffverbrauch im US Fahrzyklus



Brennstoffzelle mit Wasserstoff ist ein Zukunftsszenario

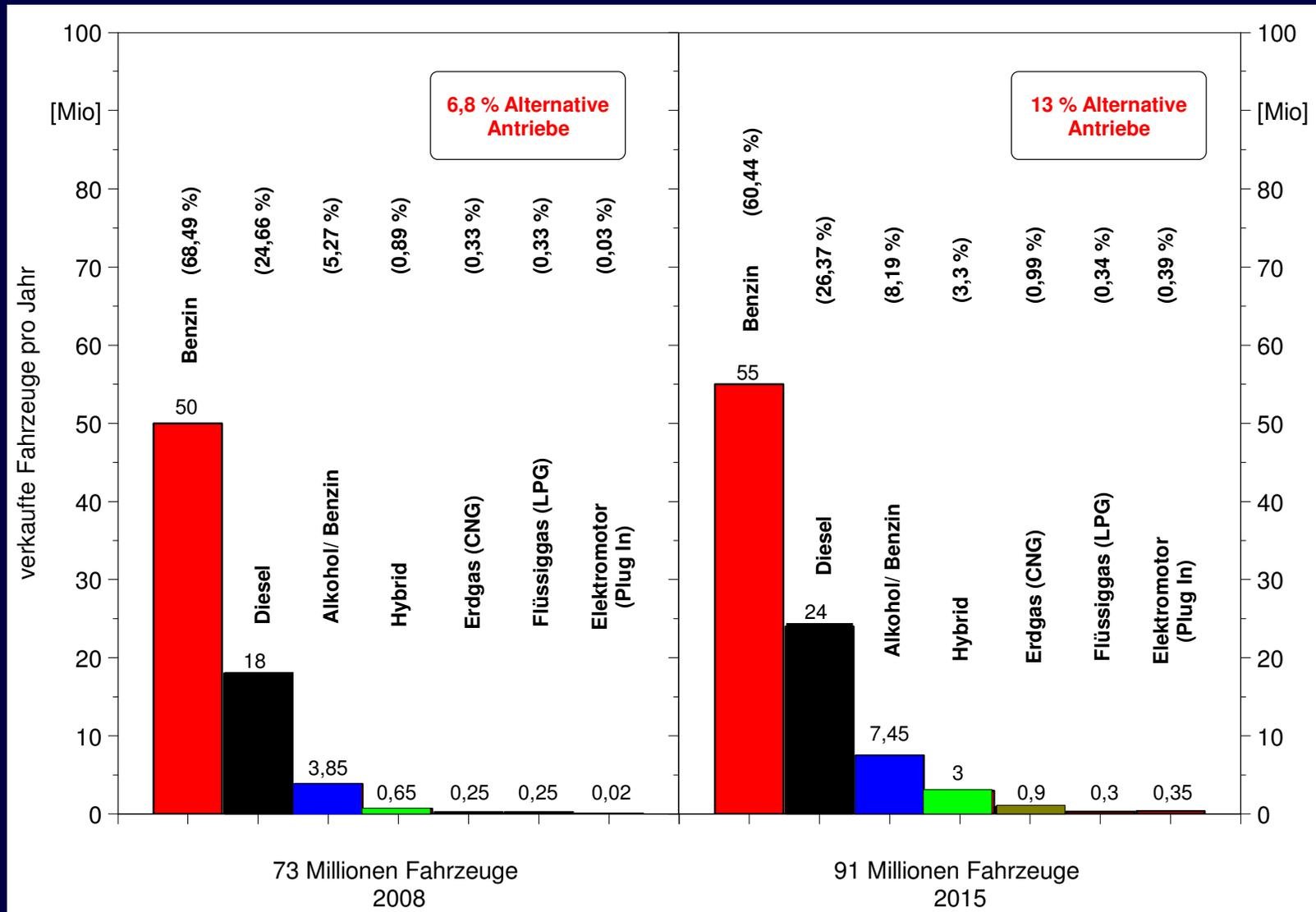


- Batterien haben eine niedrige Energiedichte und kurze Lebensdauer



Wasserstoff im Kolbenmotor für den Antrieb und Brennstoffzelle als Stromgenerator an Bord

Alternative Antriebssysteme – Entwicklungstrends weltweit



-
- Antriebssysteme und Energiemanagement

- Diesotto – Konvergenz und Divergenz der Funktionen

- Synfuel - Erdgas, Wasserstoff, Energie aus Pflanzen
- Hybride - Kombinationen von Antriebsformen
- Das Elektroauto – Batterie, Brennstoffzelle, Range Extender
- Schlussfolgerungen – welcher Antrieb wofür?

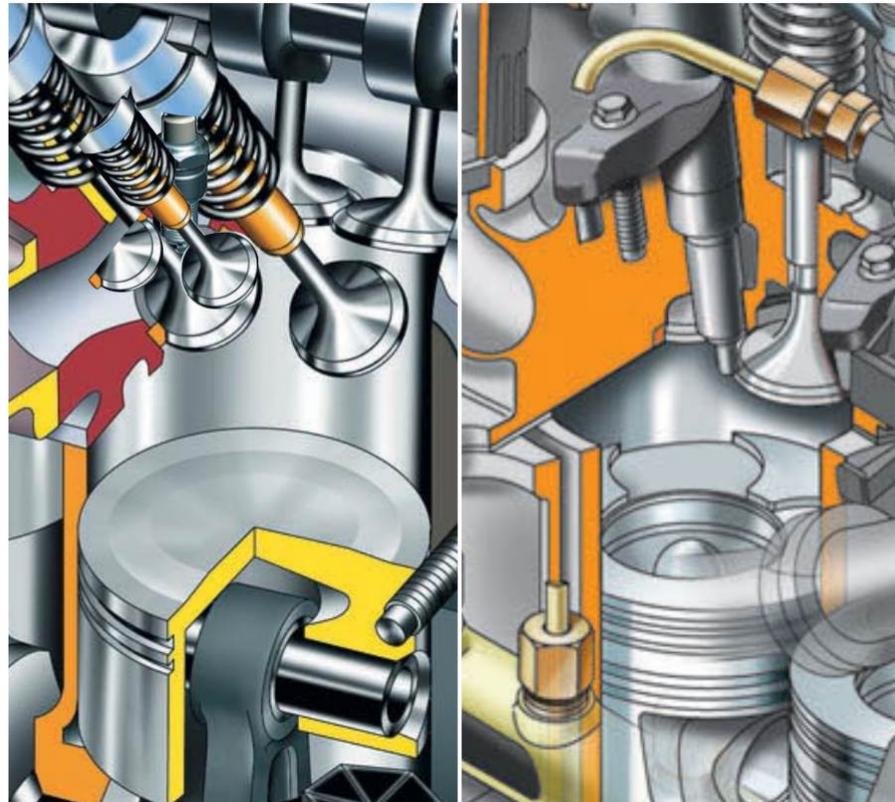
Konventionelle und zukünftige Optimierungskonzepte für Fahrzeug-Verbrennungsmotoren



Konvergenz der Otto- und Dieselprozesse - Funktionen

a) Ottomotor

b) Dieselmotor



Ladungswechsel

Aufladung

Variable

Ventilsteuerung

Druckwellen-
Anpassung

Teillast ohne
Drosselung

Kraftstoff

Regenerative
Energieträger mit
vereinheitlichten
Eigenschaften

Kraftstoffzufuhr

Kraftstoff-
Direkteinspritzung

Gemischbildung

Strahlgeführt
Abgasrückführung

Verbrennung

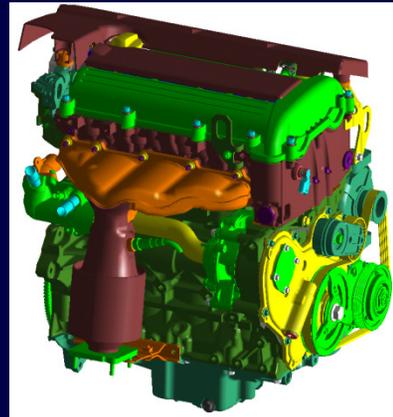
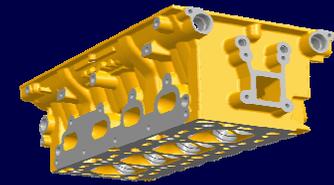
Angepasster
Einspritzverlauf
Verbrennungs-
Steuerung durch
Selbstzündung

Konvergenz der Otto- und Dieselprozesse - Module

variable Ventilsteuerung



Brennverfahren

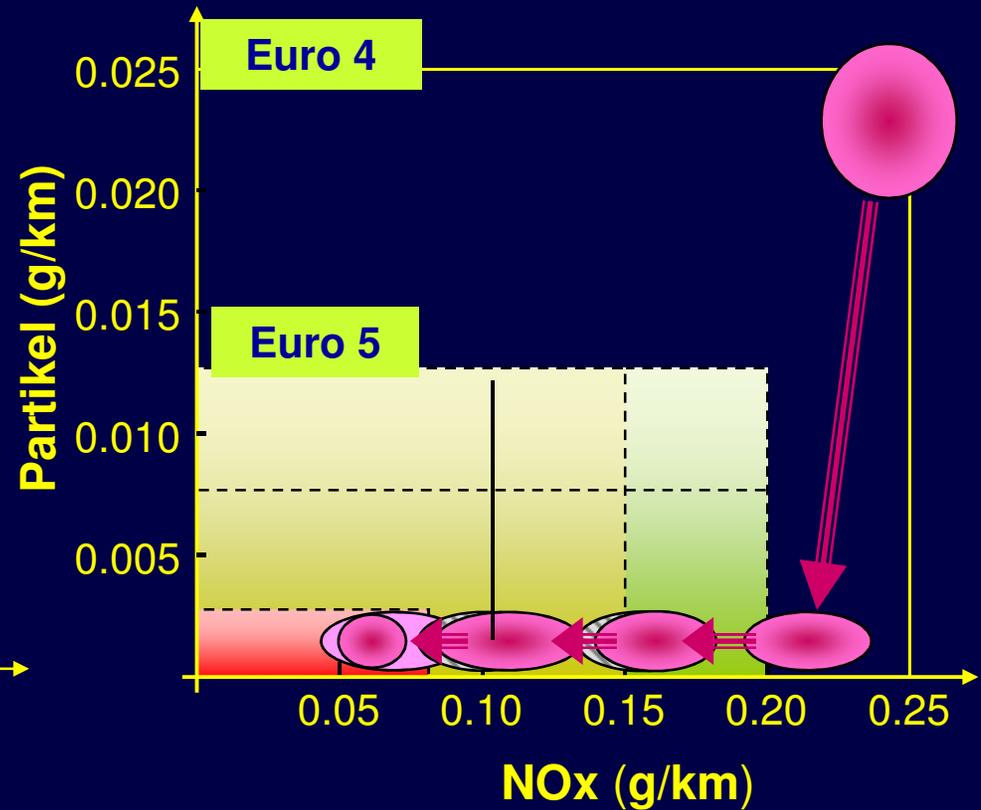
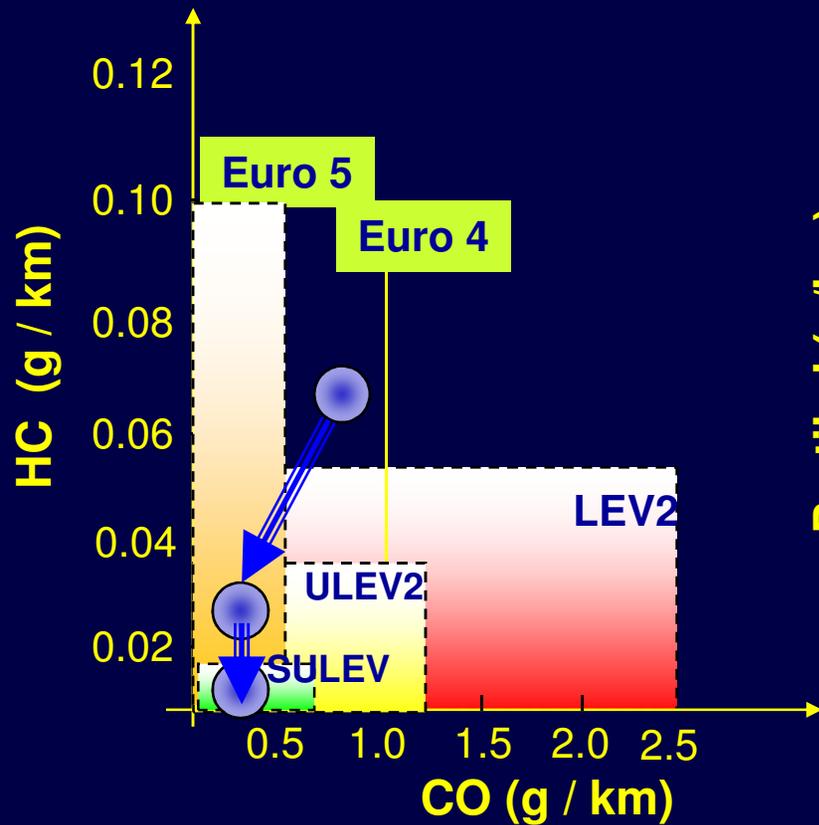


Einspritzsystem

Aufladetechnik



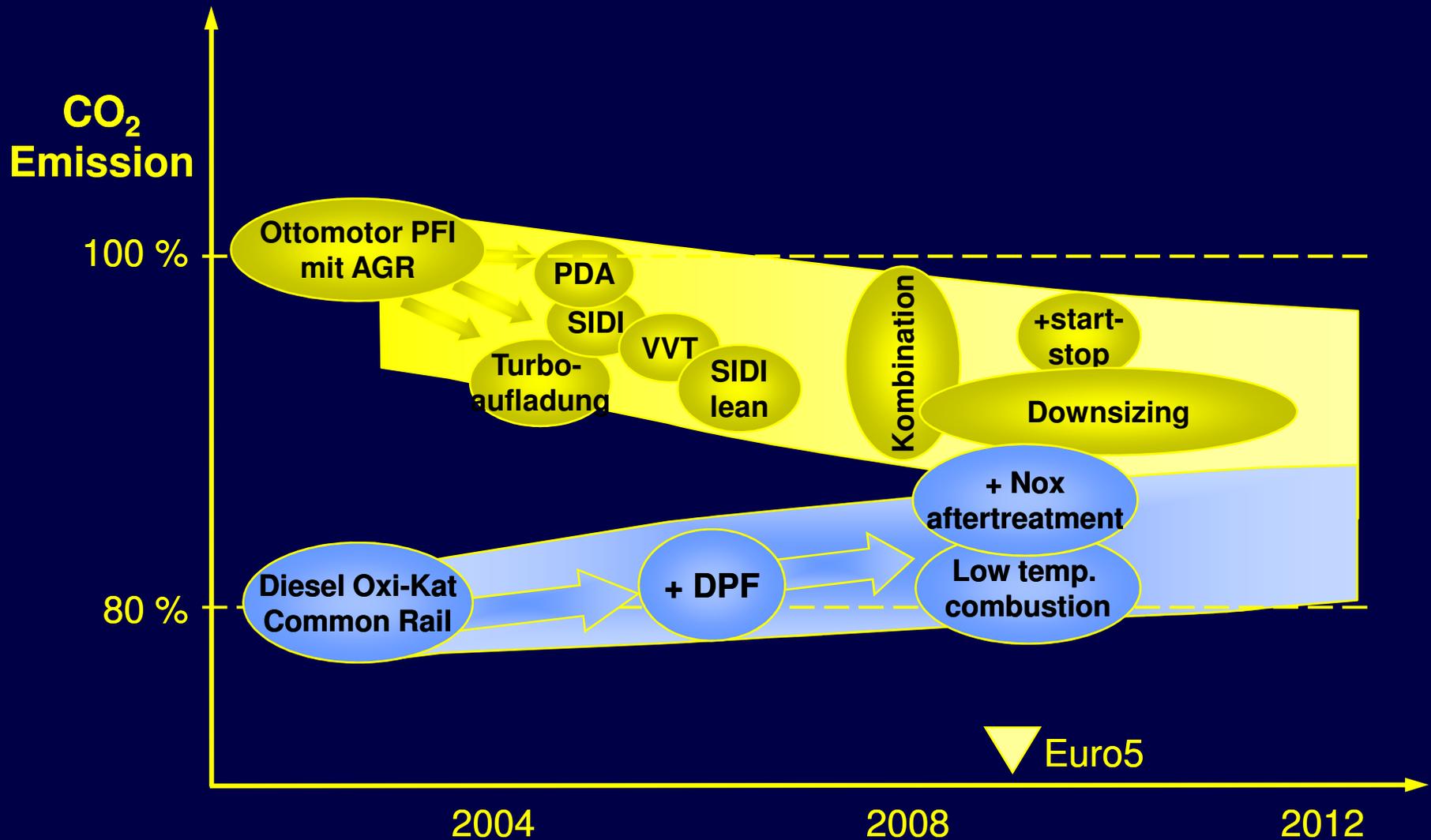
Strategien zum Erreichen der EURO 5 Schadstoffrichtlinien



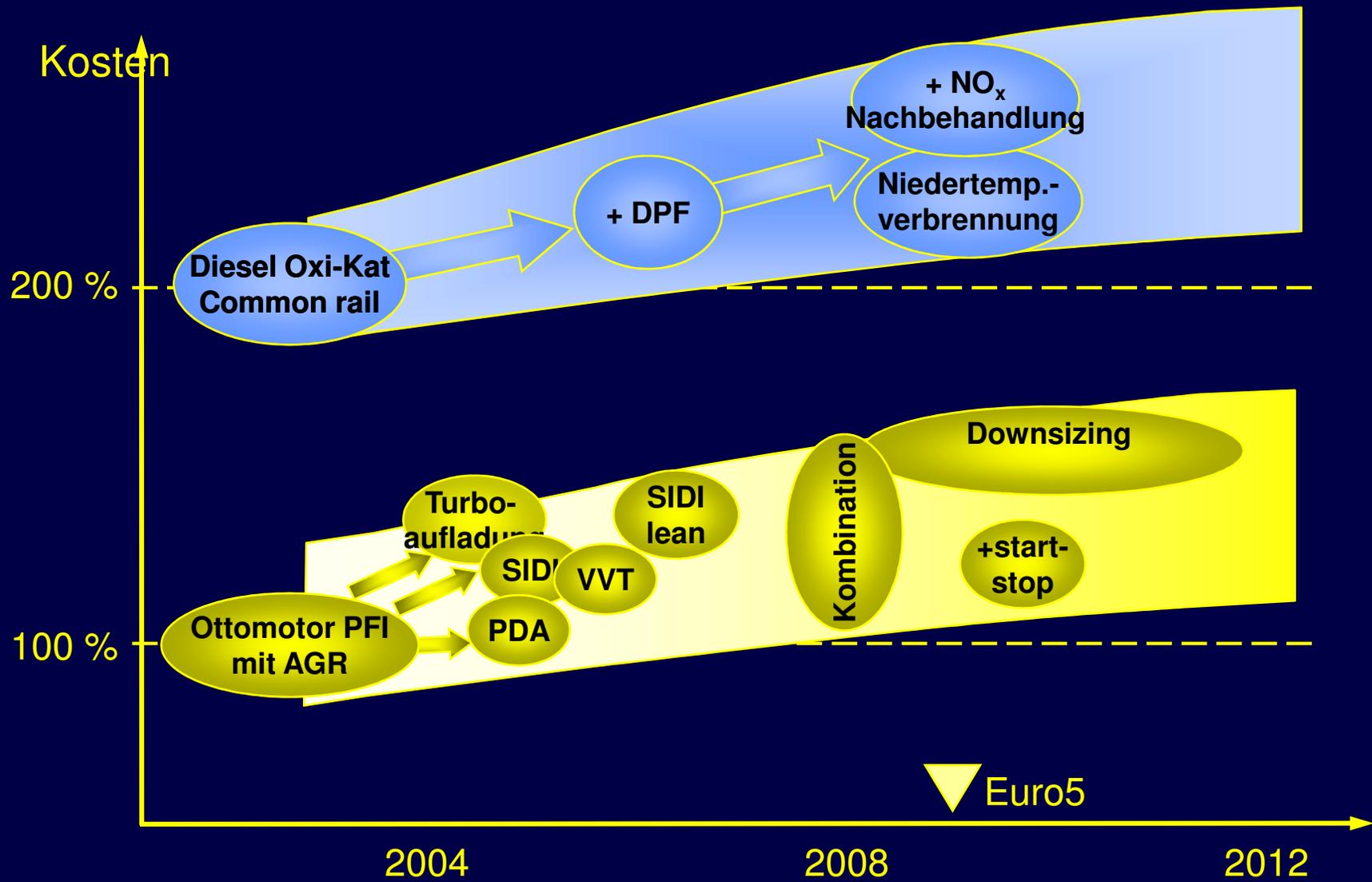
Ottomotoren – SULEV/Euro 5 Strategie

Dieselmotoren – Euro 5 Strategie

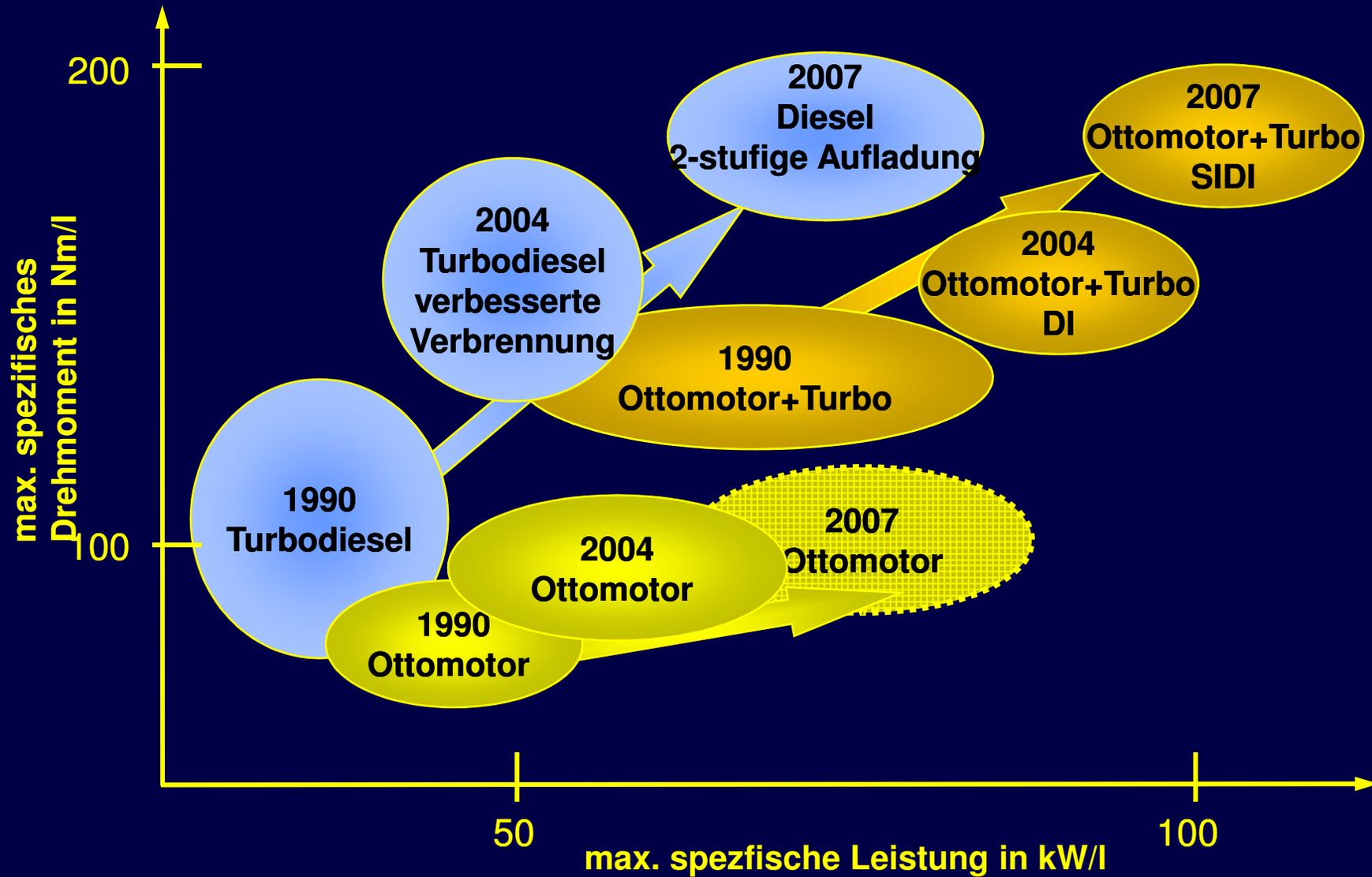
Otto- und Dieserverfahren: Maßnahmen zur Prozessoptimierung und ihre Wirkung auf die Kohlendioxidemission



Otto- und Dieselmotoren: Preisentwicklung



Otto- und Dieselmotoren: Drehmoment und Leistung

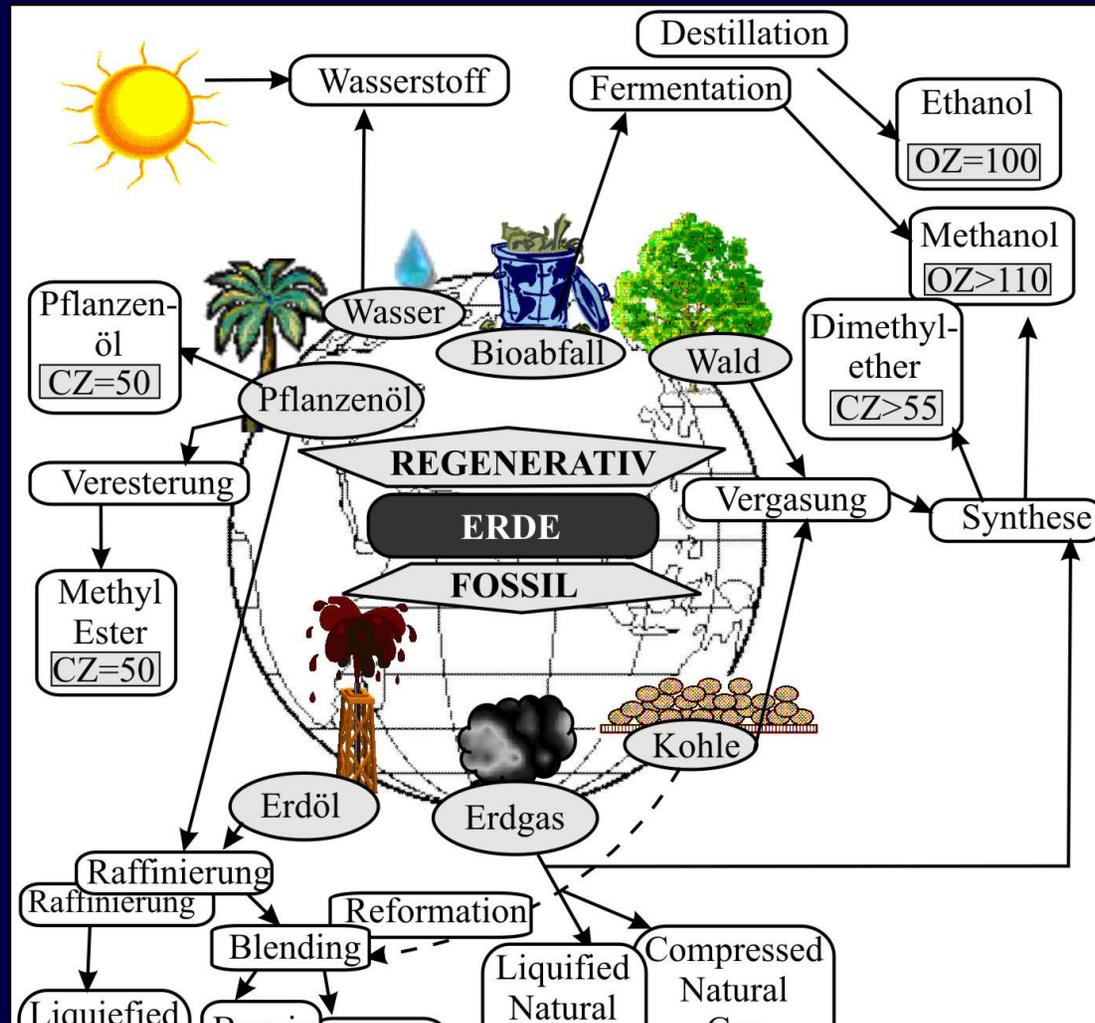


-
- Antriebssysteme und Energiemanagement
 - Diesotto – Konvergenz und Divergenz der Funktionen

- Synfuel – Erdgas, Wasserstoff, Energie aus Pflanzen

- Hybride - Kombinationen von Antriebsformen
- Das Elektroauto – Batterie, Brennstoffzelle, Range Extender
- Schlussfolgerungen – welcher Antrieb wofür?

Energieressourcen und Energieträger

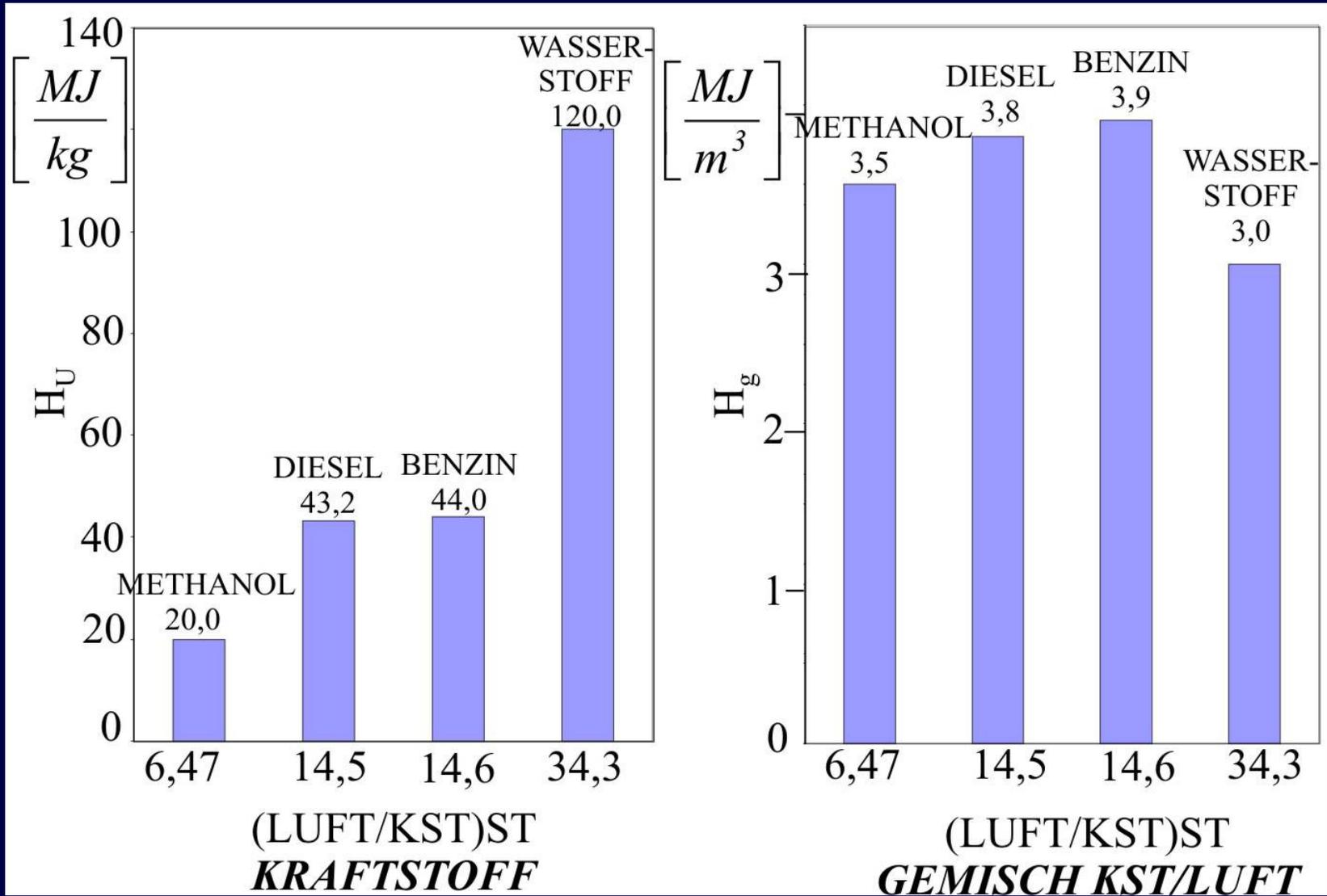


(3.1)

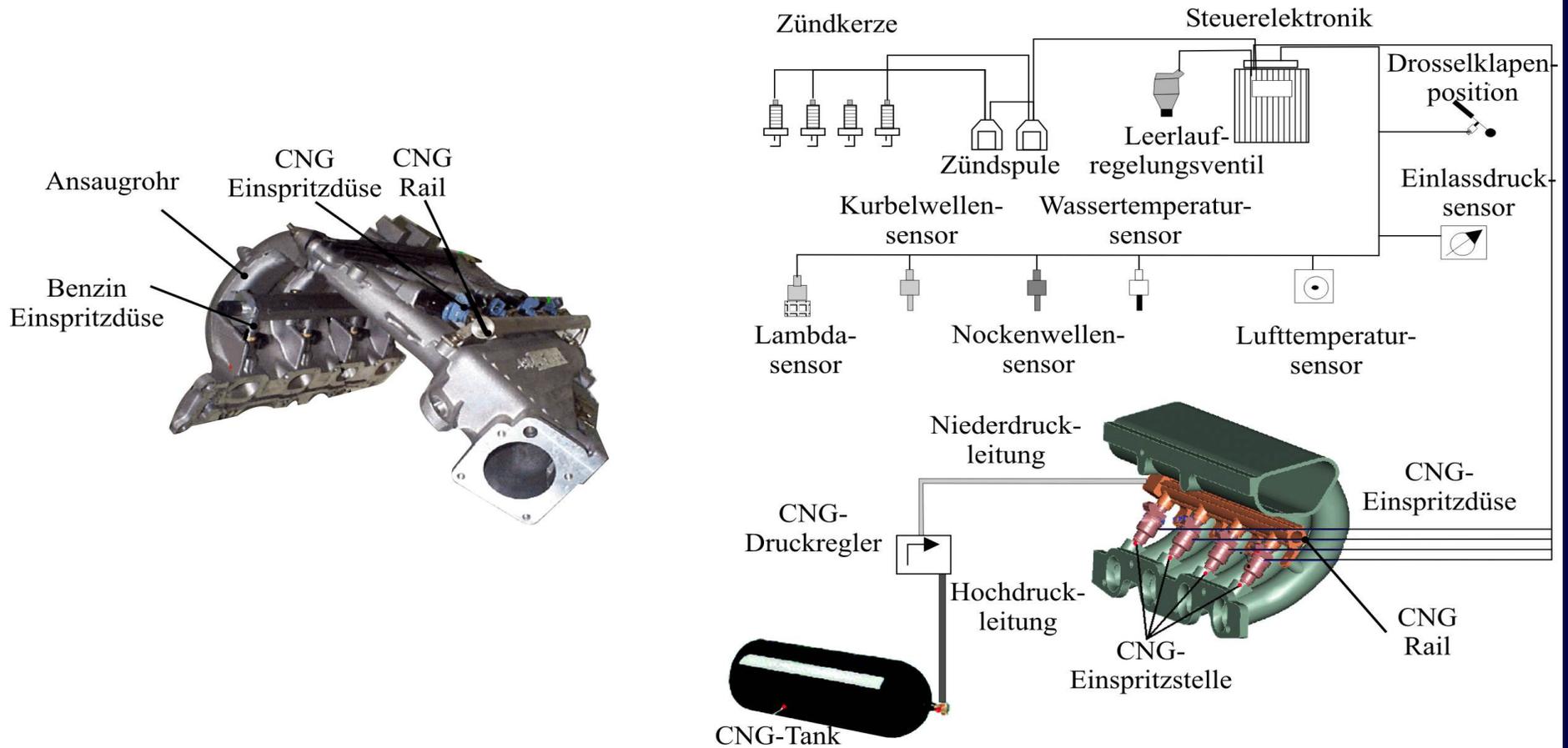
Eigenschaften konventioneller und alternativer Kraftstoffe für Automobile

KRAFTSTOFF	STRUKTUR	DICHTE [kg / dm ³]	VISKOSITÄT (KIN.) [cSt]	HEIZ- WERT (UNT.) [MJ / kg]	STOECH. LUFT- BEDARF [kgL / kg Kst]	GEMISCH HEIZWERT [MJ / kg Gem]	OKTANZAHL / CETANZAHL	VERDAMPFUNGS- ENTHALPIE [KJ / kg] (25 °C/0,1 MPa-Flüss.) (ts/ 0,1 MPa – Gas.)
KOHLEN- WASSERSTOFFE								
BENZIN	C _m H _n (<C ₈ H ₁₈)	0,72-0,78	< 1,2	44	14,6-14,7	3,9	91-99	350
DIESEL	C _m H _n (<C ₈ H ₁₈)	0,78-0,84	3,7	43,2	14,5	3,8	50*-54*	270
ERDGAS (85-95% METHAN)	CH ₄	0,141 (0 °C/20MPa) 0,409 (-150 °C/0,1MPa) 0,00079 (0 °C/0,1MPa)	...	45	14,5	4,0	ca. 120	0,51 (GAS)
	ABGAS KOMPONENTEN	SPEICHERUNG AN BORD	SCHMIERUNG VERKOKUNG	REICH- WEITE	KRAFTSTOFF- DOSIERUNG	ENERGIE DICHT- DREHMOMENT	KLOPF- NEIGUNG	KALTSTART INNENKÜHLUNG LADUNGSMASSE
METHANOL	CH ₃ -OH	0,792	...	20	6,47	3,5	106	1103
ETHANOL	C ₂ H ₅ -OH	0,785	...	26	9,00	3,5	107	840
WASSERSTOFF	H ₂	0,009 (GAS) (-200 °C/0,1MPa) 0,071 (FLÜSSIG) (-253 °C/0,1MPa)	-	120	34,3	3,0	-	436
ÖLE								
RAPSÖL	C _m H _n O _p R _i	0,92	68-75	37,6	12,4	...	40*-44*	...
RAPSÖL- METHYLESTER		0,89	6-8	37,2	12,5	...	54*-58*	...
DIMETHYLÄTHER	CH ₃ OCH ₃	0,00197 (15 °C/0,1MPa)	-	-	-	...	55*	...

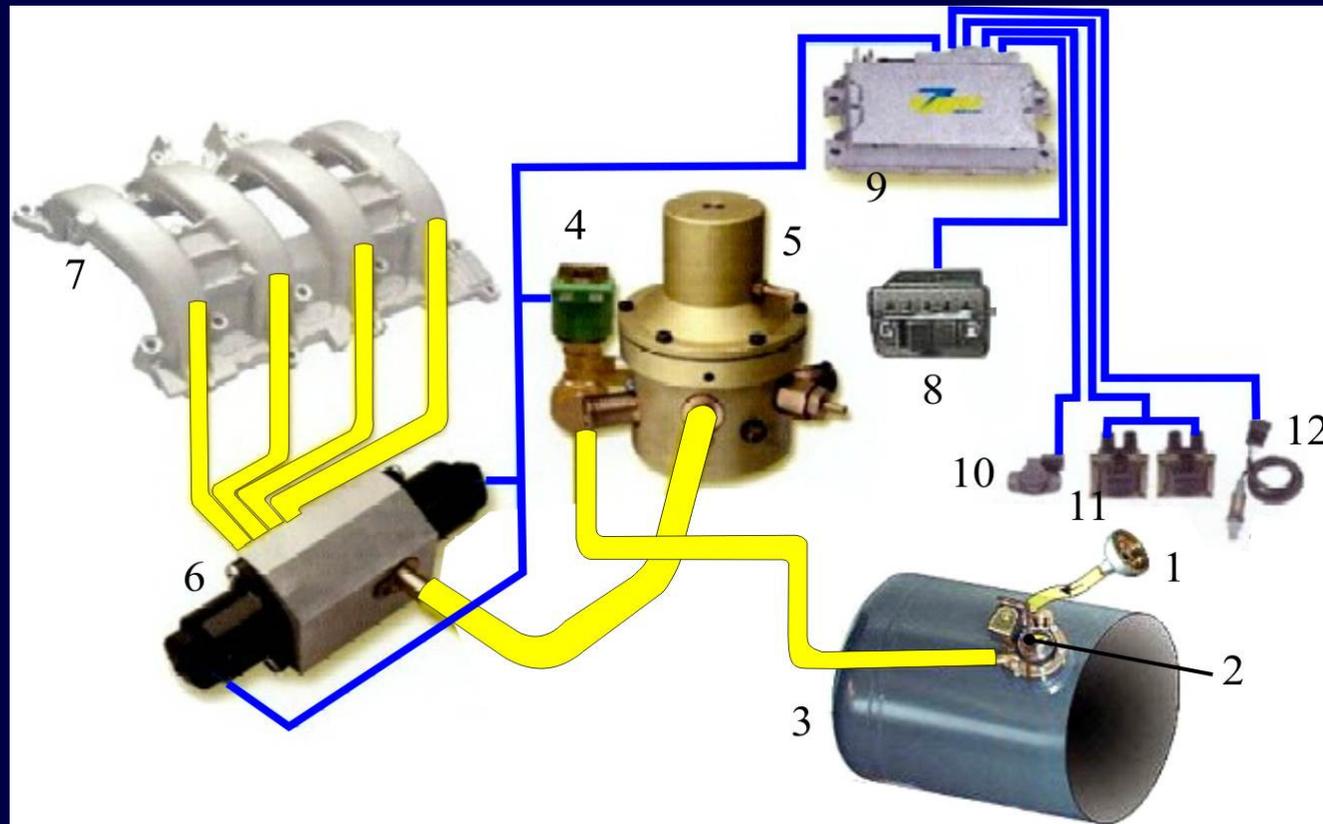
Kraftstoff-Heizwert und Gemischheizwert



Erdgas - Gemischbildungssystem



Multipoint-Einspritzsystem für LPG



1. Zuleitung
2. Gasabscheider
3. LPG Tank
4. LPG-elektromagnetisches Ventil
5. Verdampfungsregler
6. Verteiler

7. Ansaugrohr
8. Umschalter Gas / Benzin
9. LPG Steuereinheit
10. Drosselklappensensor
11. HT Zündspulen
12. Lambdasensor

Kryogener Wasserstofftank an Bord eines Automobils

Hochleistungs-
isolation

Füllstandsanzeige

Füllgrenze

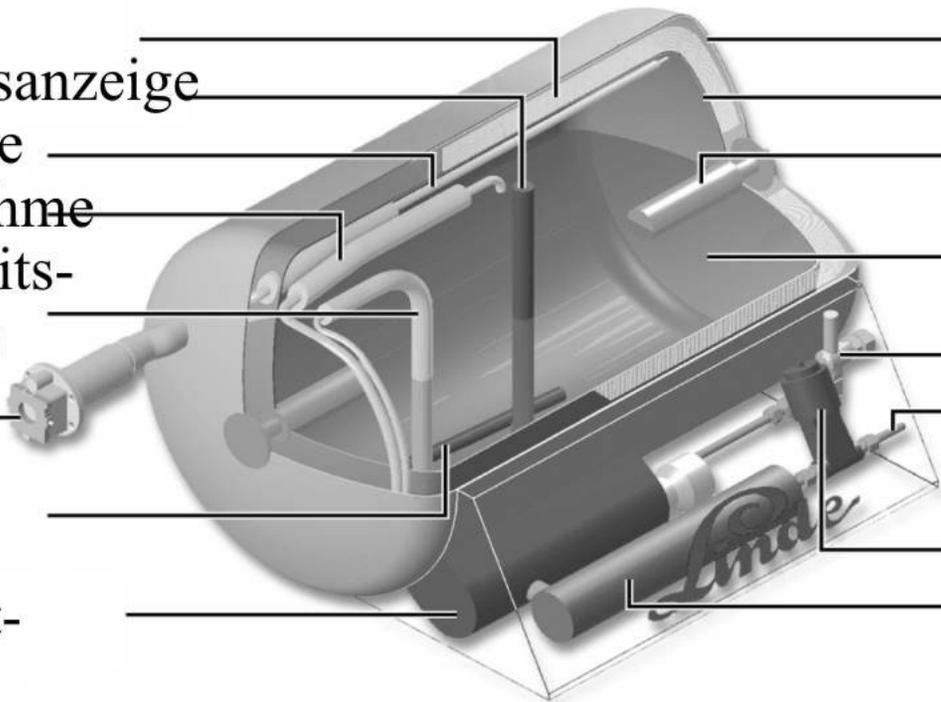
Gasentnahme

Flüssigkeits-
entnahme

Füllan-
schluss

Elektro-
heizung

Umschalt-
ventil
(gasförmig/flüssig)



Außenbehälter

Innenbehälter

Aufhängung

flüssiger Wasserstoff
(-253°C)

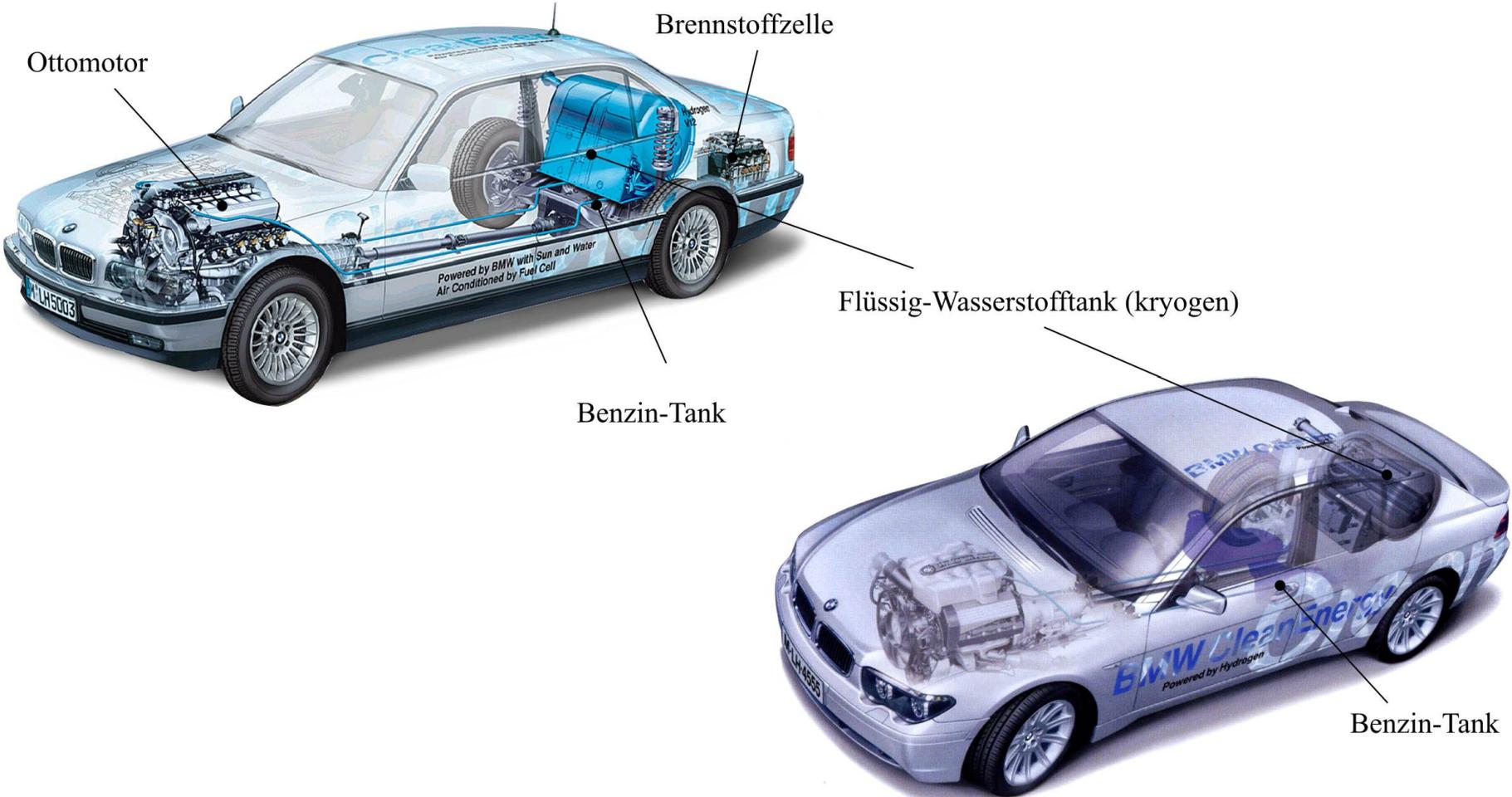
Sicherheitsventil

gasförmiger Wasserstoff
(+20°C bis +80°C)

Absperrventil

Kühlwasser-
Wärmetauscher

Ausführungen von Automobilen mit wasserstoffbetriebenem Ottomotor



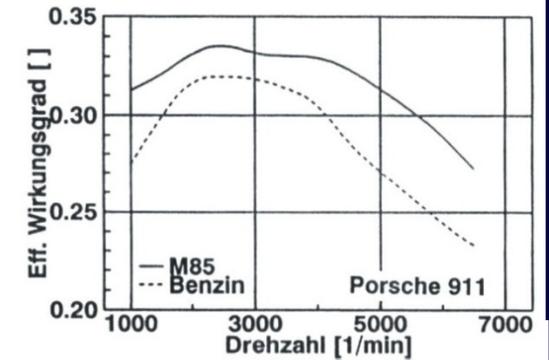
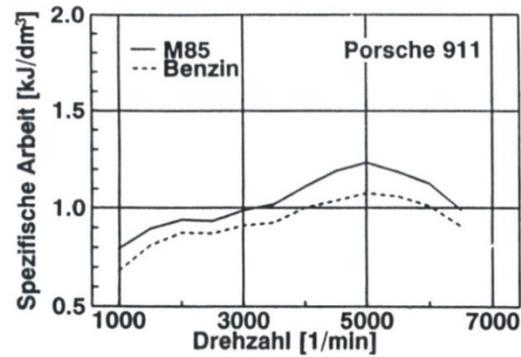
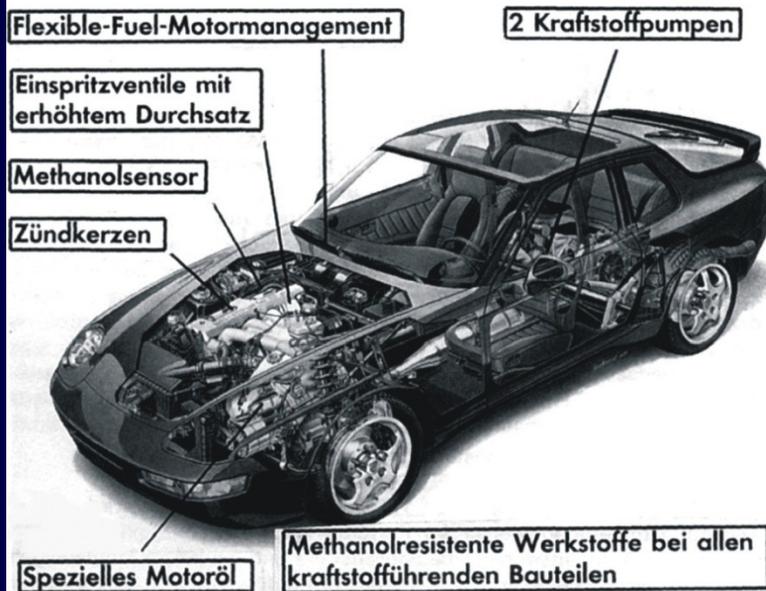
Motor Kenngrößen beim Betrieb mit Benzin bzw. mit Wasserstoff



Motor		BMW 12 Zylinder Ottomotor Super ROZ 95	BMW 12 Zylinder Ottomotor Super ROZ 95/ Wasserstoff
Hubraum	[cm ³]	5379	5379
Hub/ Bohrung	[mm]	85/ 79	85/ 79
Verdichtungsverhältnis	[-]	10:1	10:1
Leistung bei Drehzahl	[kW] [min ⁻¹]	240 5000	150 ¹⁾ 5800 ¹⁾
Drehmoment bei Drehzahl	[Nm] [min ⁻¹]	490 3900	300 ¹⁾ 3000 ¹⁾

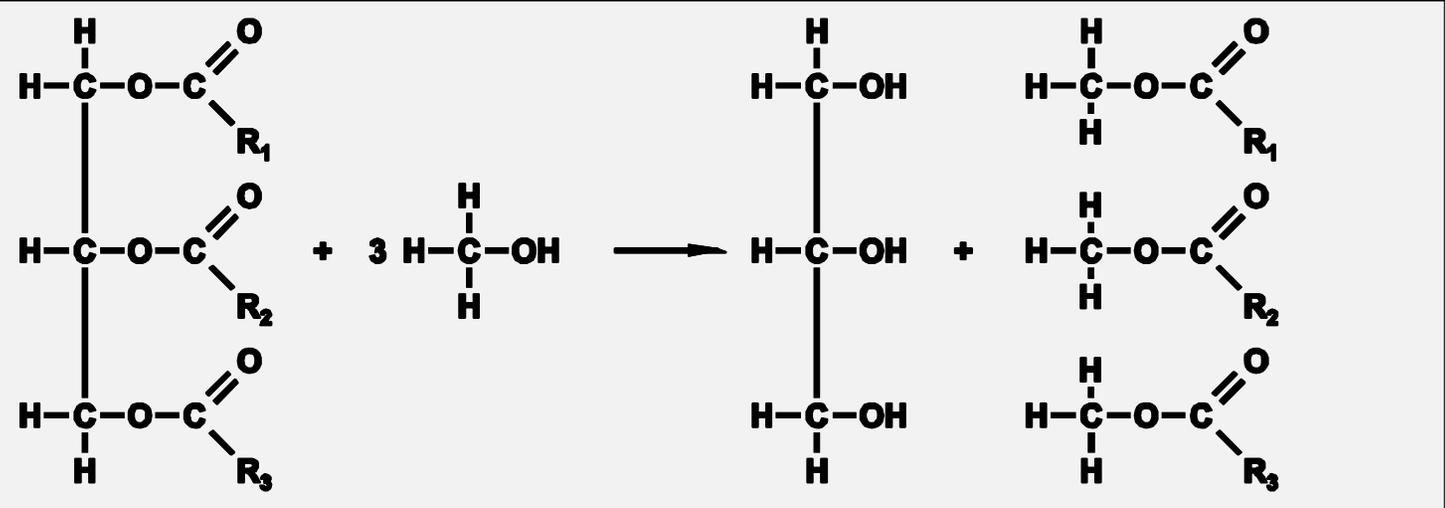
¹⁾ beim Betrieb mit Wasserstoff

Alkohole: Methanol, Ethanol - Gemischbildung und Motorspezifika



Umesterung von Ölen

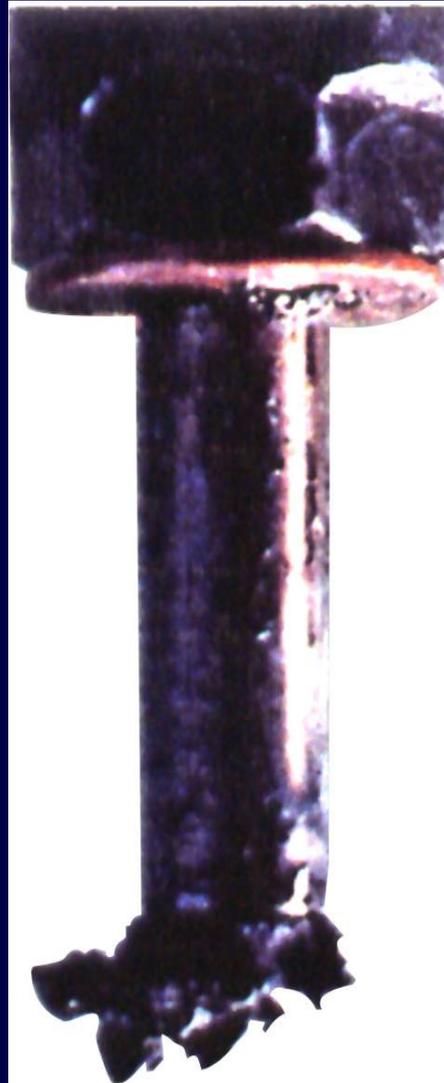
Triglycerid(Öl/Fett)	+	Methanol		Glycerin	+	Fettsäuremethylester(FAME)
Altfett	+	Methanol		Glycerin	+	Altfettmethylester(AME)
Rapsöl	+	Methanol		Glycerin	+	Rapsölmethylester("Biodiesel")



Input
1000kg Rapsöl (teillraffiniert)
115kg Methanol
5kg Natriumlauge
4kg Säure

Output
1000kg Rapsölmethylester
95kg Glycerin
29kg Reststoffe

Verkokung der Einspritzdüse eines Dieselmotors mit Direkteinspritzung beim Betrieb mit Rapsöl

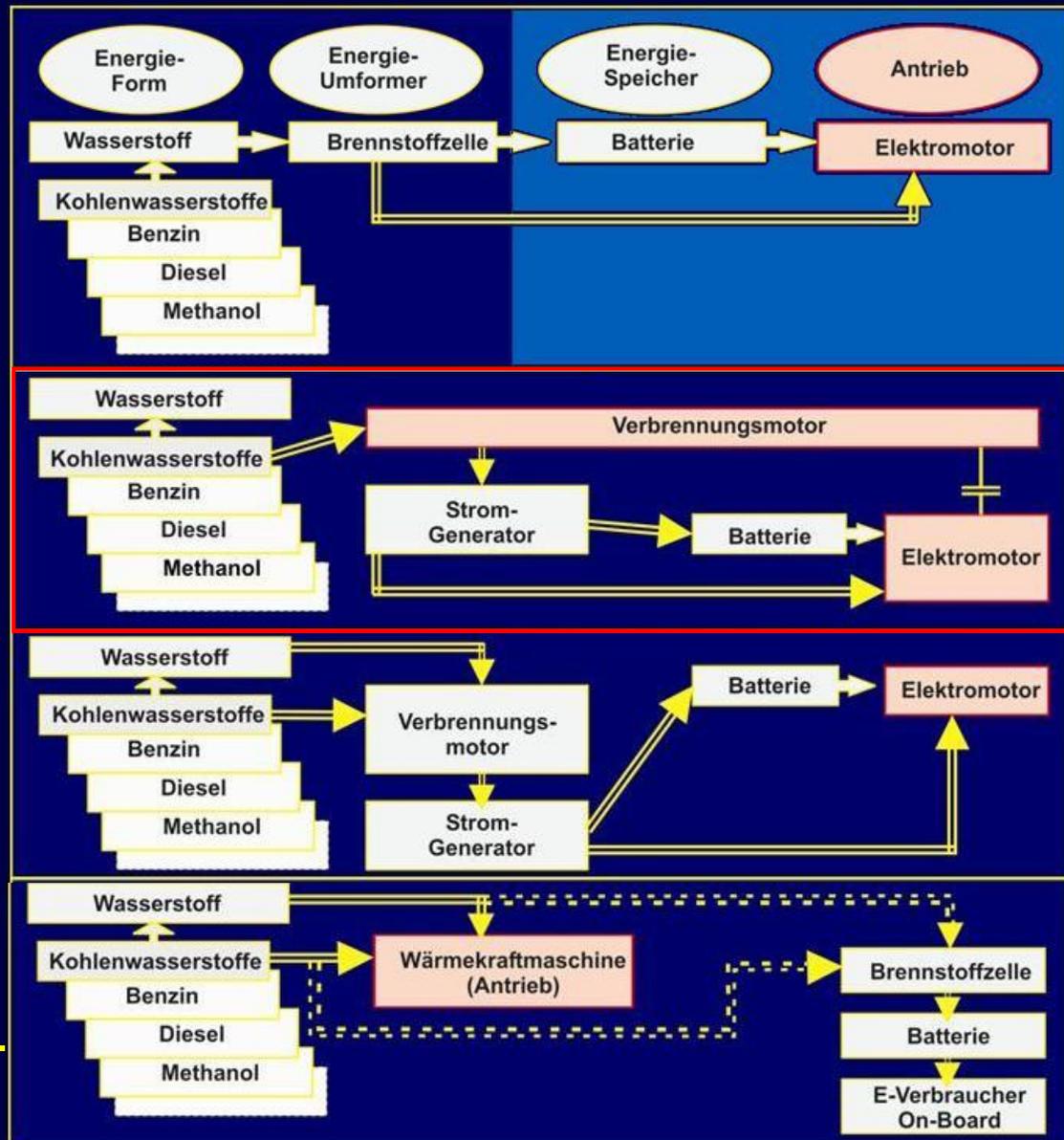


-
- Antriebssysteme und Energiemanagement
 - Diesotto – Konvergenz und Divergenz der Funktionen
 - Synfuel - Erdgas, Wasserstoff, Energie aus Pflanzen

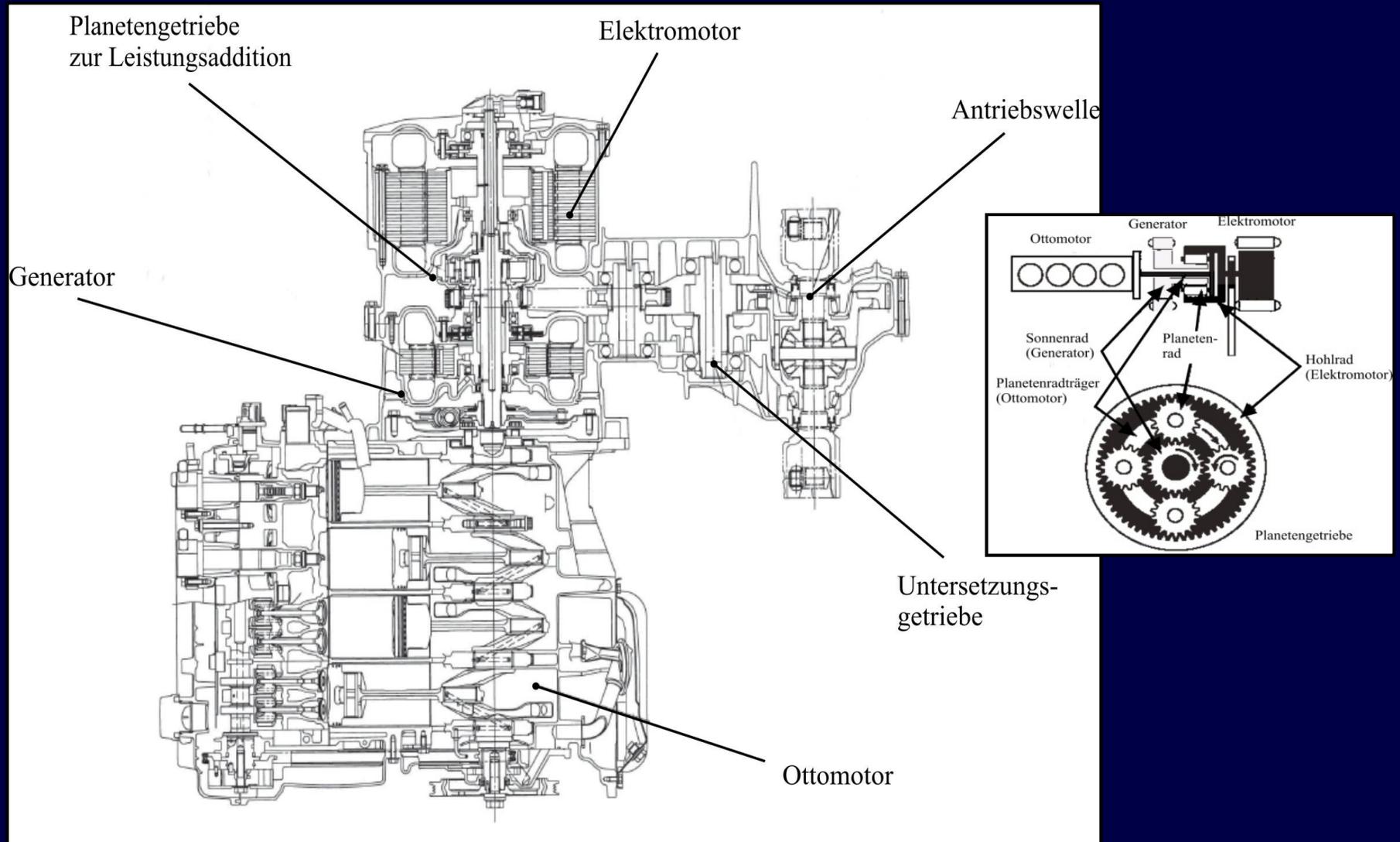
- **Hybride – Kombination von Antriebsformen**

- Das Elektroauto – Batterie, Brennstoffzelle, Range Extender
- Schlussfolgerungen – welcher Antrieb wofür?

Alternative Antriebssysteme von der Energieform zu den Antriebsmodulen – Parallelhybrid –



Querschnitt durch das Hybridantriebssystem (Ottomotor - Elektromotor) eines Automobils: Toyota Prius, 2. Generation



Toyota Lexus RX 400h - SUV mit Hybridantrieb -



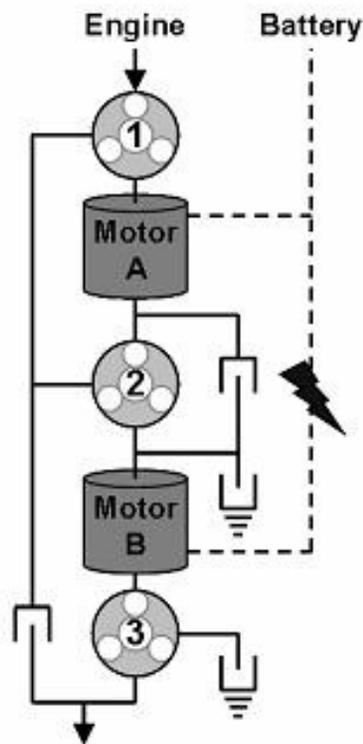
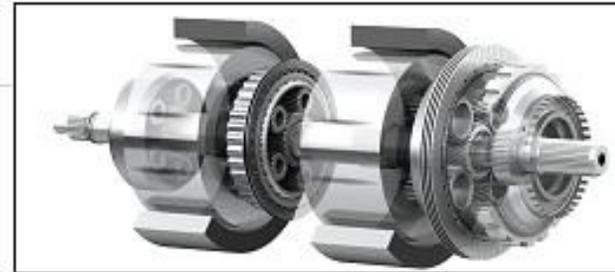
Powermeter:
zur Anzeige
der
Leistungsver-
zweigung



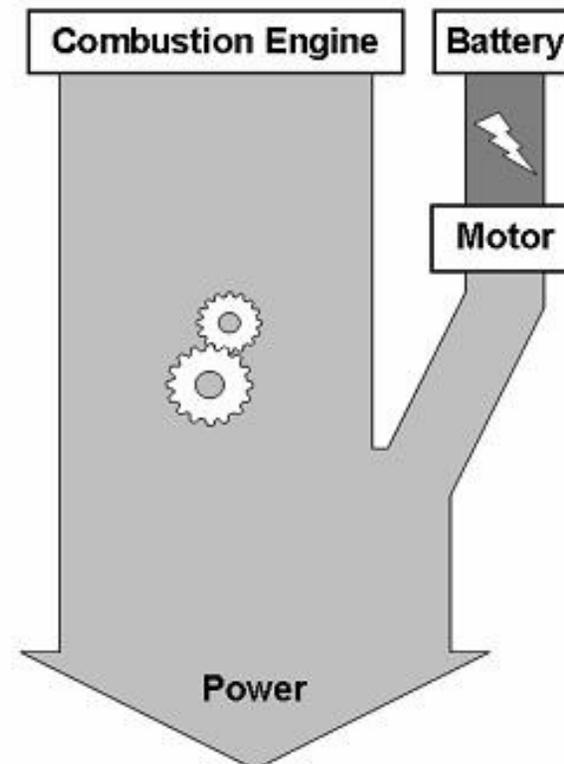
Modell	Lexus 2005
Energiefluss	Leistungs- verzweigung
Ummsetzungstiefe	Strong Hybrid
Masse	2100 kg
P VM	3,3 l V6
	155 kW
P EM	123 kW
	50 kW
Verbrauch	8,1 l / 100 km
CO ₂ -Emission	192 g/km
Preis	60 000 €
0-100 km/h	7,6 s

Two mode hybrid – BMW – GM - Daimler

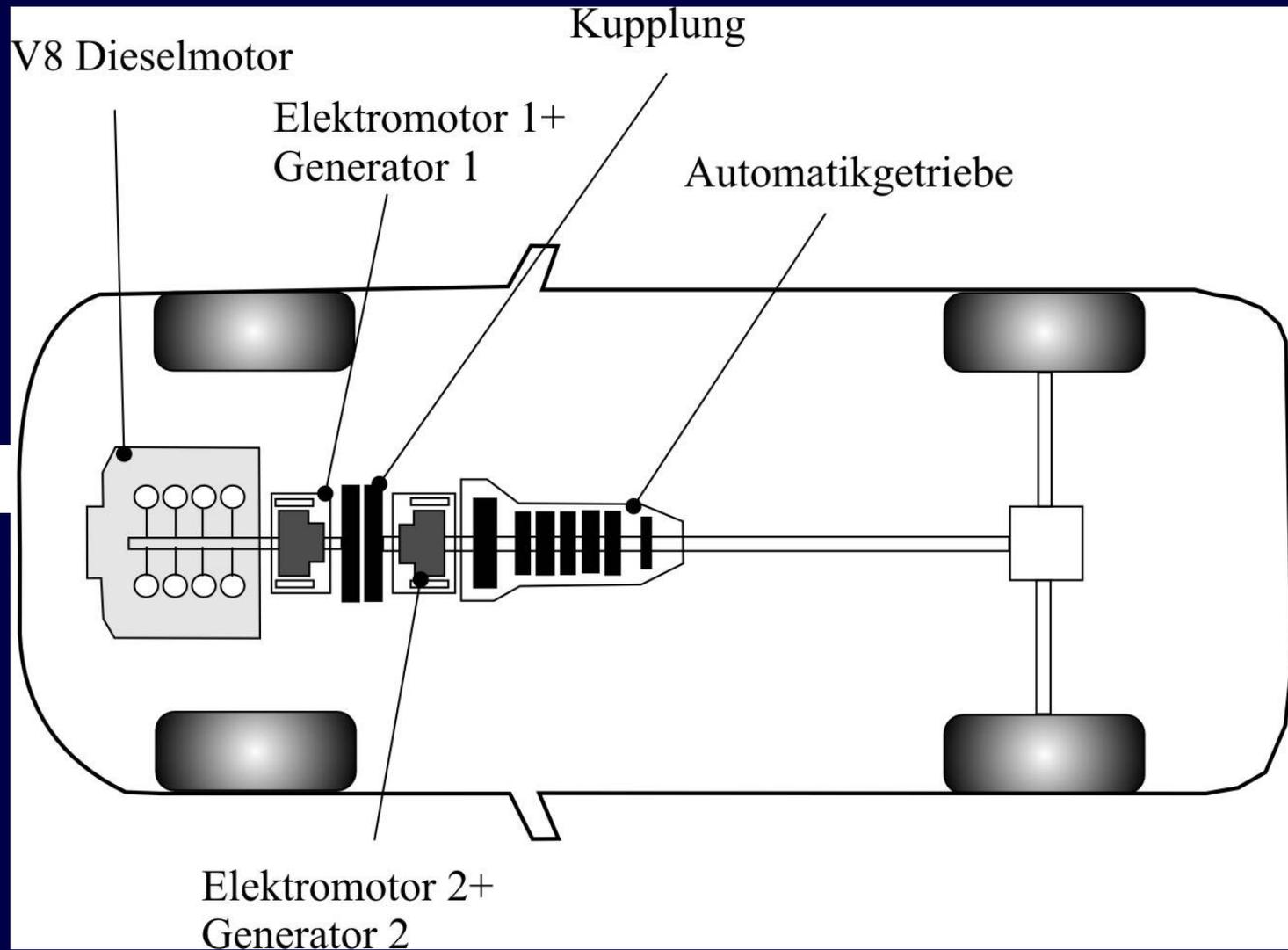
Two-Mode Hybrid + Four Fixed Gear Ratios



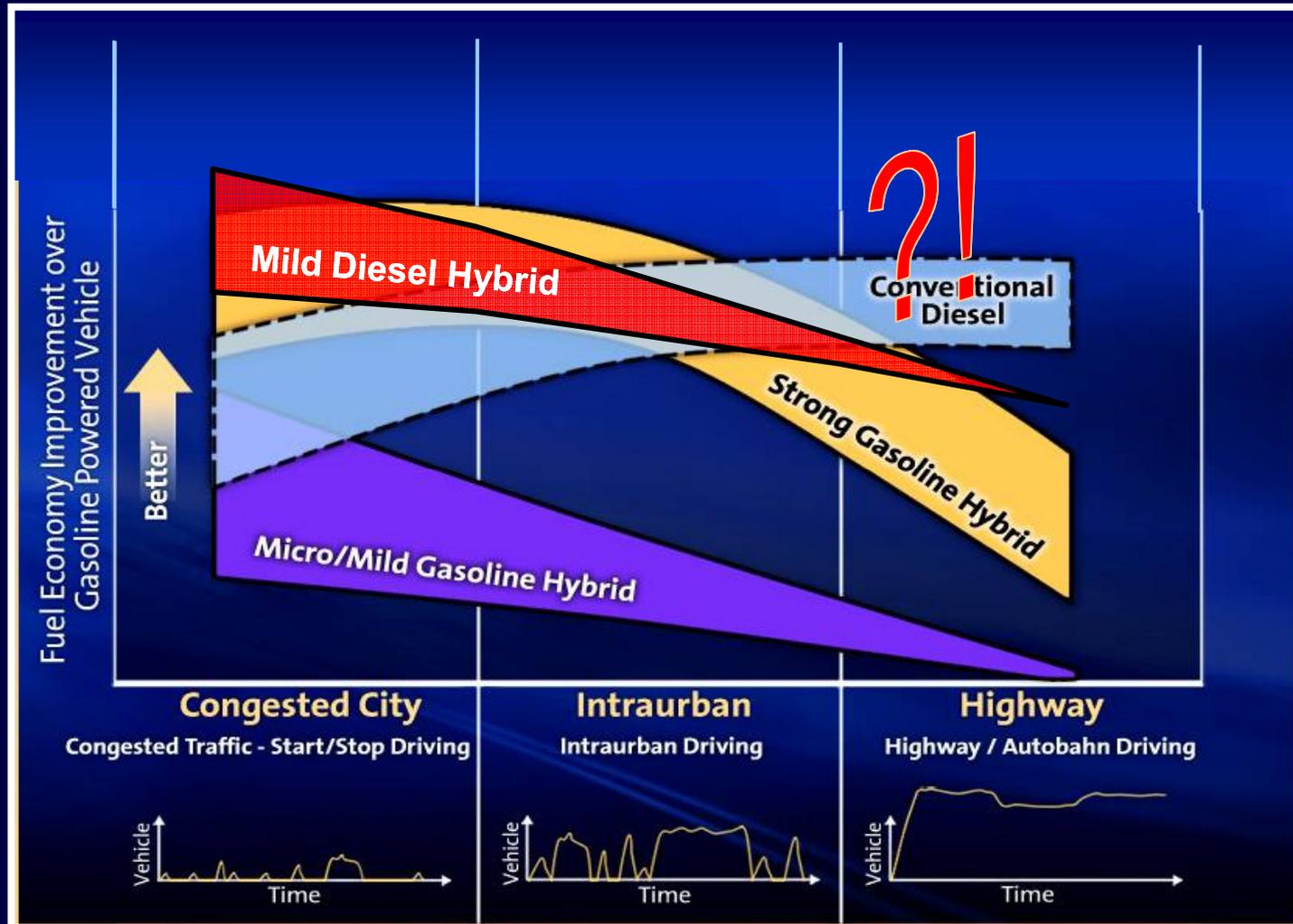
- Planetary gears split engine power and can multiply all torque
- Clutches activate EVT modes and fixed gear ratios
- Motors are not required to carry engine power when using fixed gear ratios



Paralleles Hybridantriebssystem (Dieselmotor-Elektromotor) von DaimlerChrysler für hohe Leistungsdichte

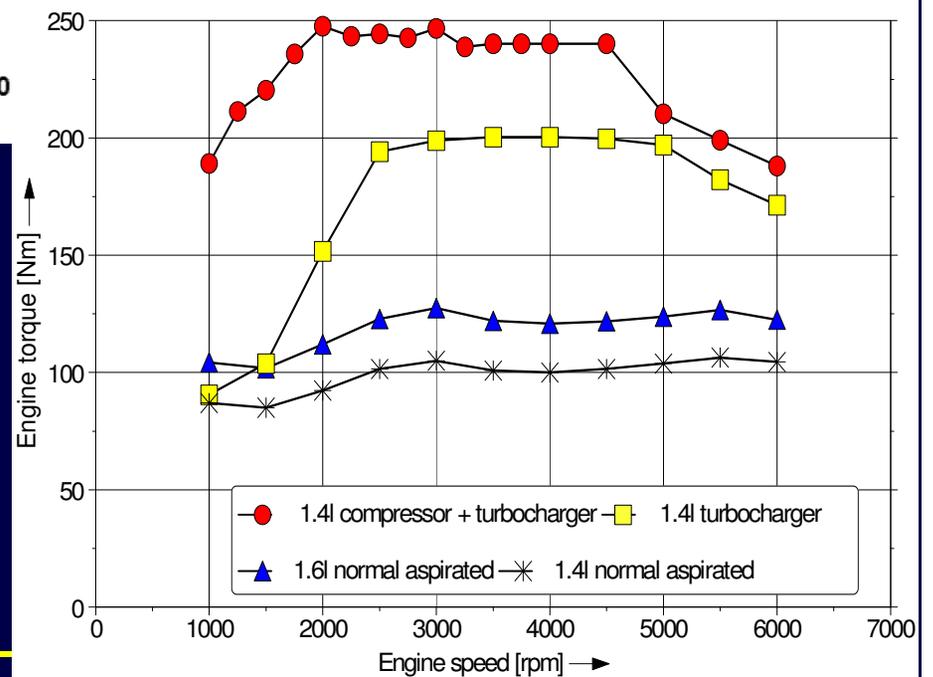
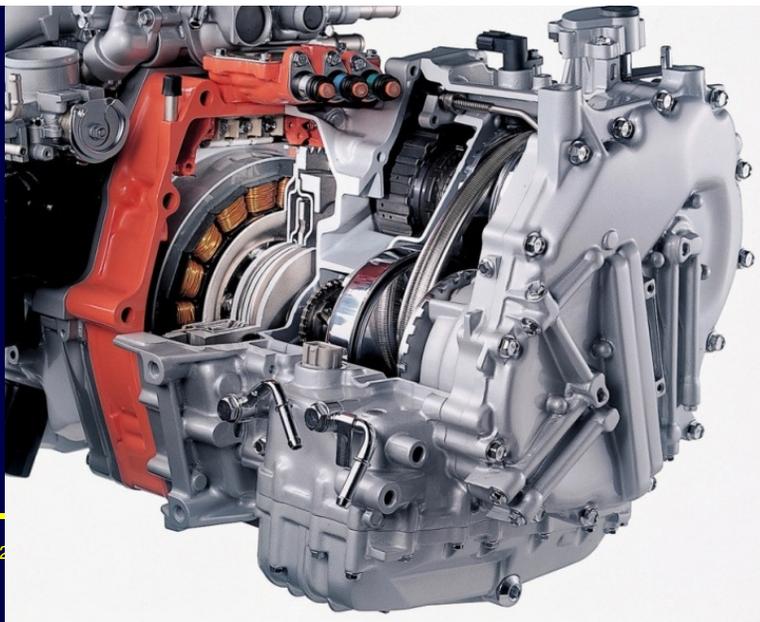
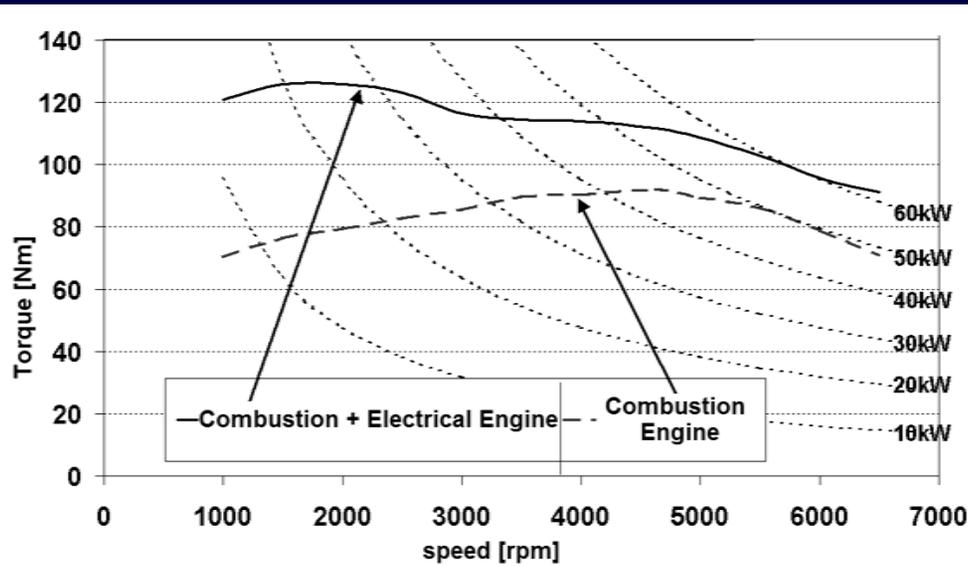


Parallelhybrid versus Diesel



Parallelhybrid oder kompakter Verbrennungsmotor mit Aufladung in Stufen ?

SAE Paper 2009-24-0075 Stan /Täubert

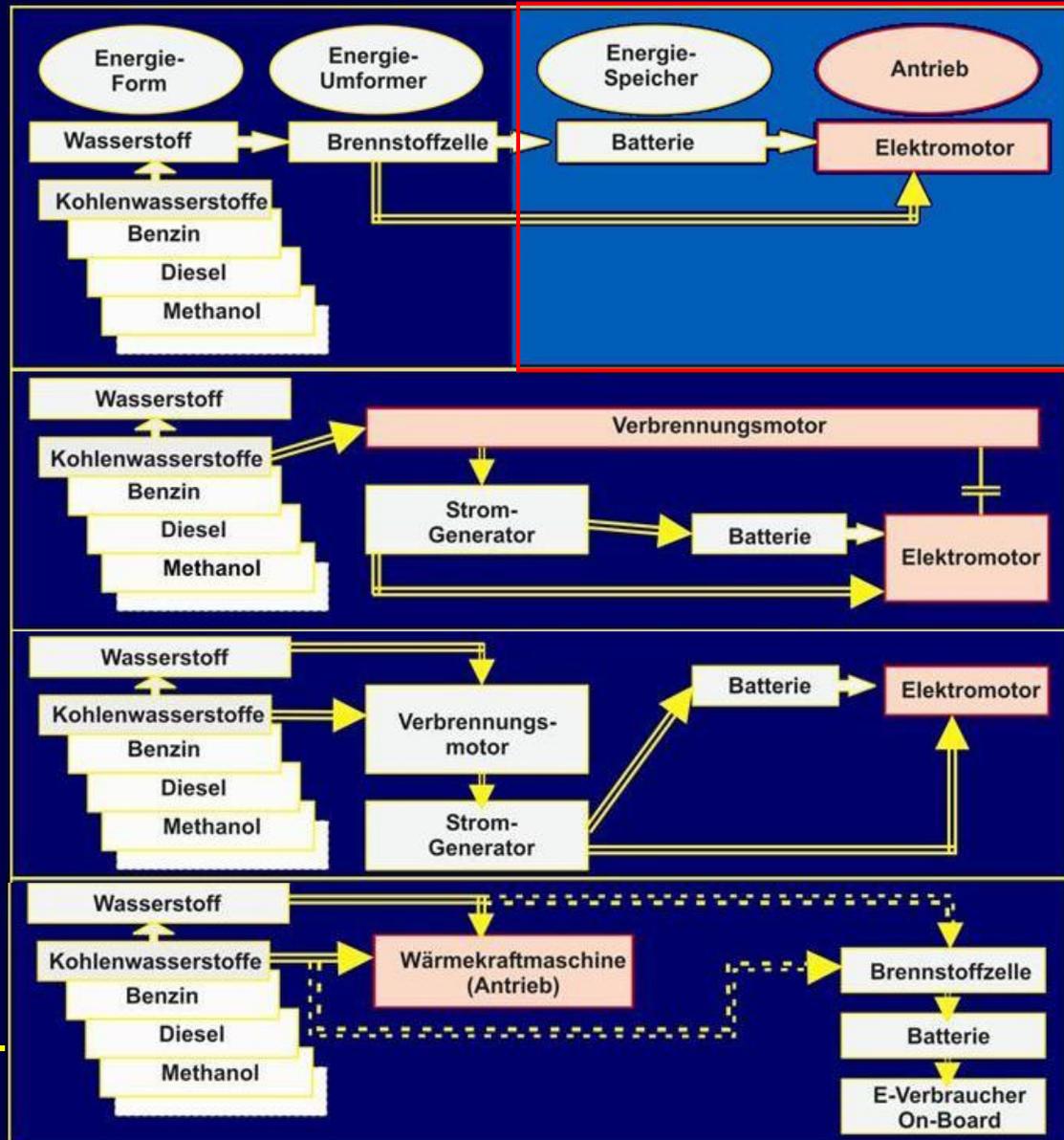


-
- Antriebssysteme und Energiemanagement
 - Diesotto – Konvergenz und Divergenz der Funktionen
 - Synfuel - Erdgas, Wasserstoff, Energie aus Pflanzen
 - Hybride - Kombinationen von Antriebsformen

• Das Elektroauto – Batterie, Brennstoffzelle,
Range Extender

- Schlussfolgerungen – welcher Antrieb wofür?

Alternative Antriebssysteme von der Energieform zu den Antriebsmodulen – Elektroantrieb –



Elektrofahrzeuge - Stand (am Beispiel Tesla Roadster)



Masse:	1330 kg
Antrieb:	Asynchronmotor
Leistung:	185 kW
Drehmoment:	270 Nm
Energiespeicher:	Li-Ionen, 53 kWh, 375 V 450 kg
Reichweite:	365 km (EPA-Zyklus)
v_{\max} :	200 km/h
Preis:	99.000 €

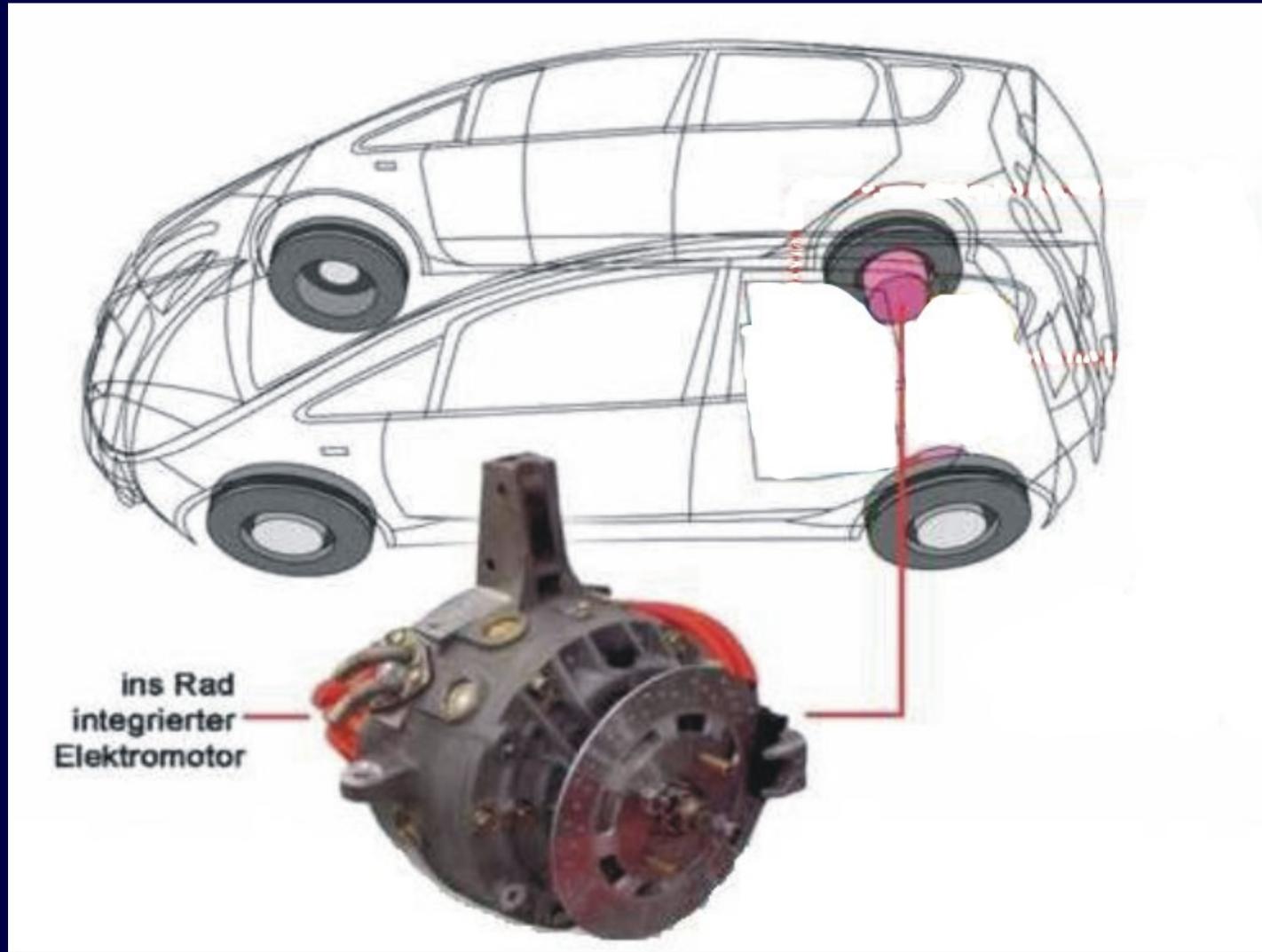
(Quelle: www.tesla-motors.com)

Berlin, 2. März 2010

Sachverständigentag 2010

Prof. Dr. Stan

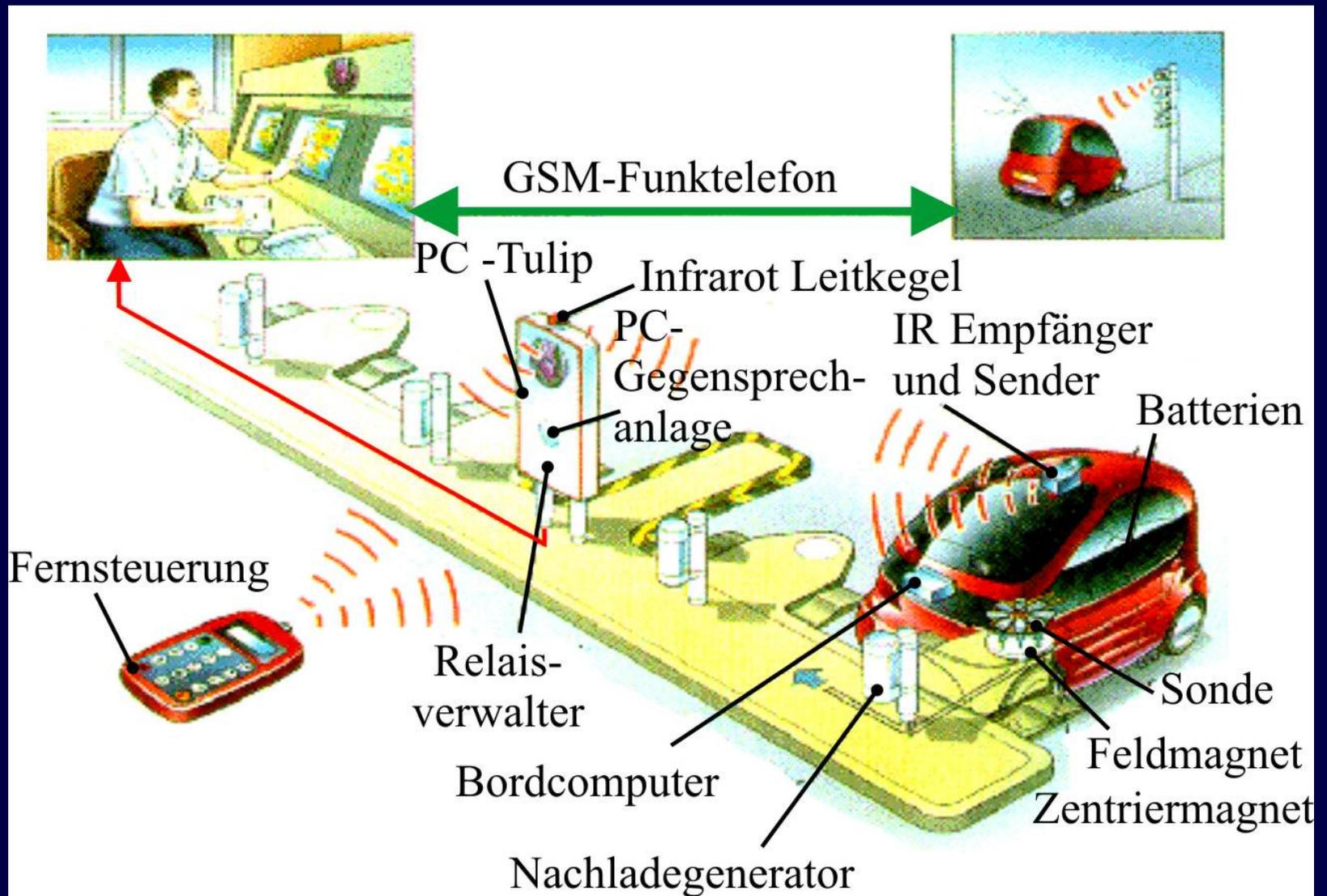
Elektrofahrzeuge – Perspektiven (am Beispiel Radnabenmotoren)



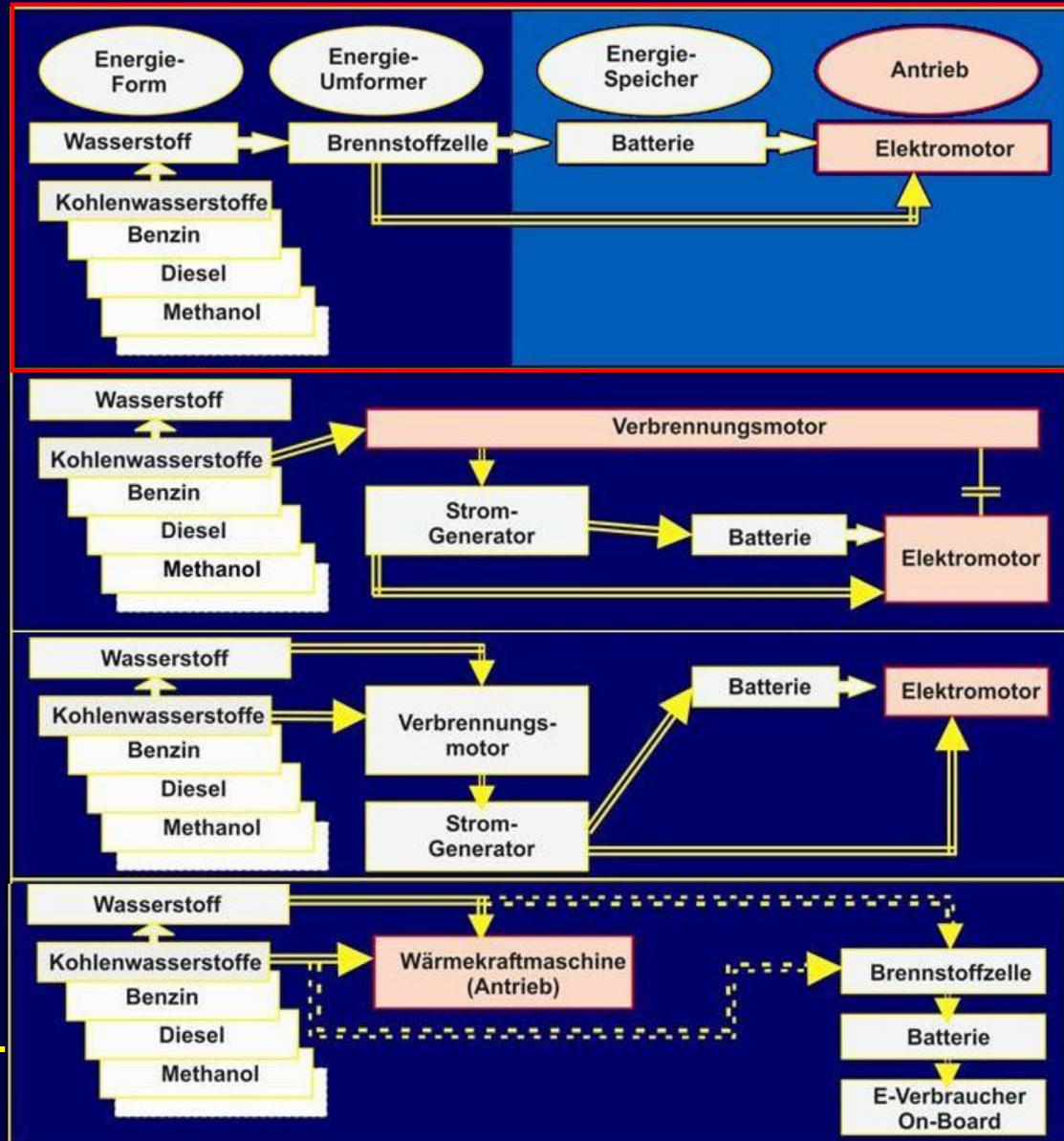
Hauptkenngrößen elektrischer Energiespeicher (Batterien)

System	Pb-PbO ₂	Ni-Cd	Ni-MH	Zn-Br ₂	Na-NiCl ₂	Na-S	Li-Ion
Betriebs- temperatur [°C]	0...45	-20...50	-40...50	20...40	300...350	300...350	-40...60
Energiedichte 2h Entl. [Wh/kg]	20...30	40...55	50...60	50...70	80...100	90...120	90...140

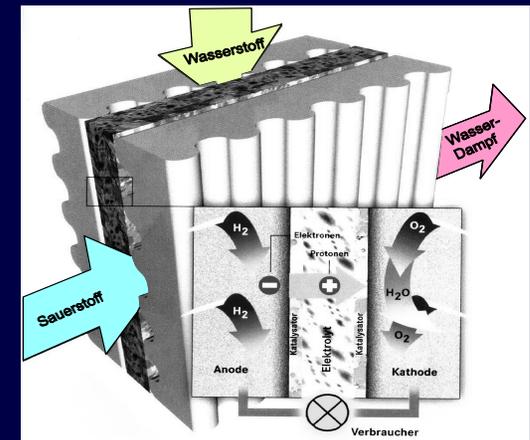
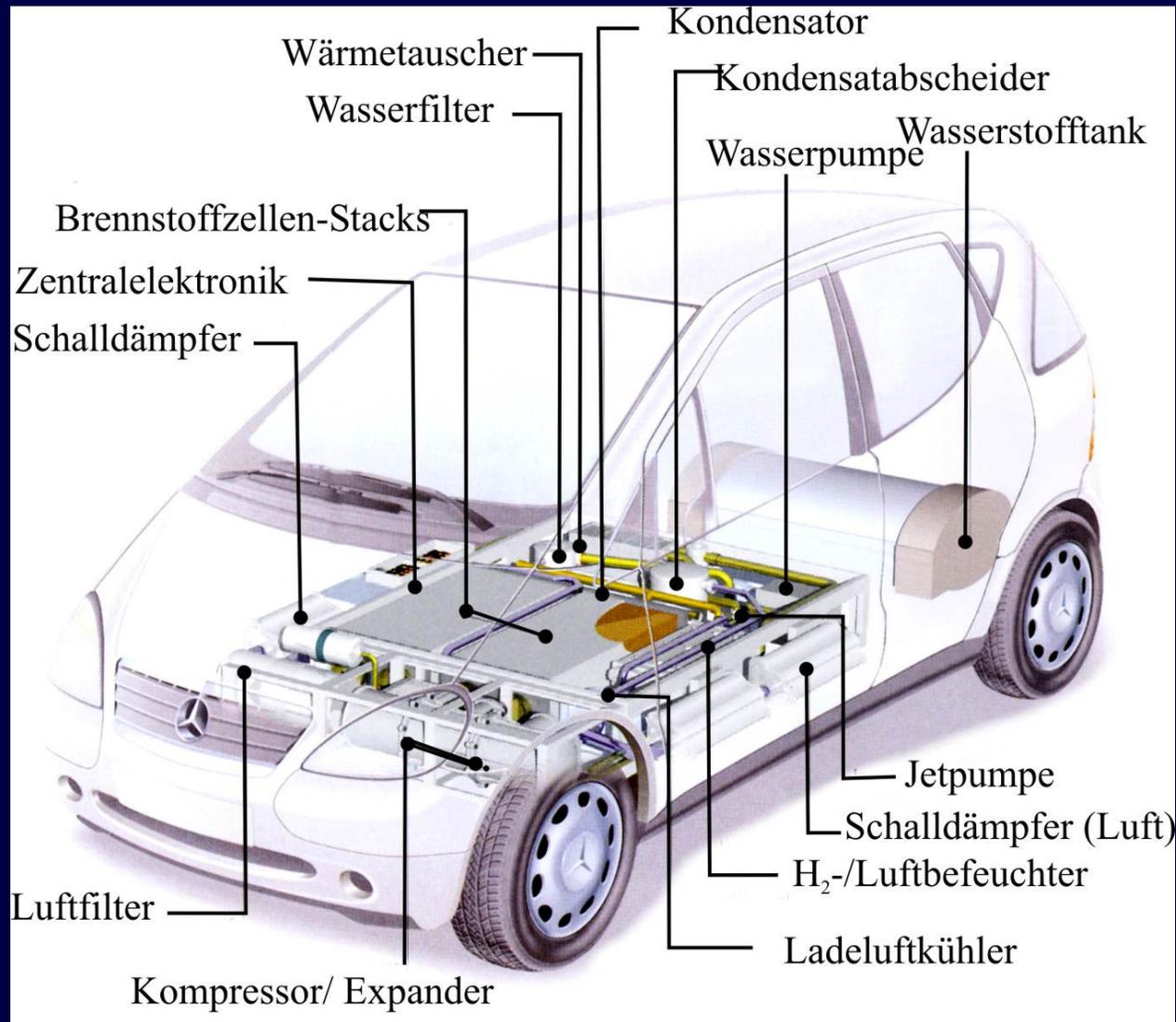
„Tulip“ Park-and-Charge System für Automobile mit elektrischem Antrieb



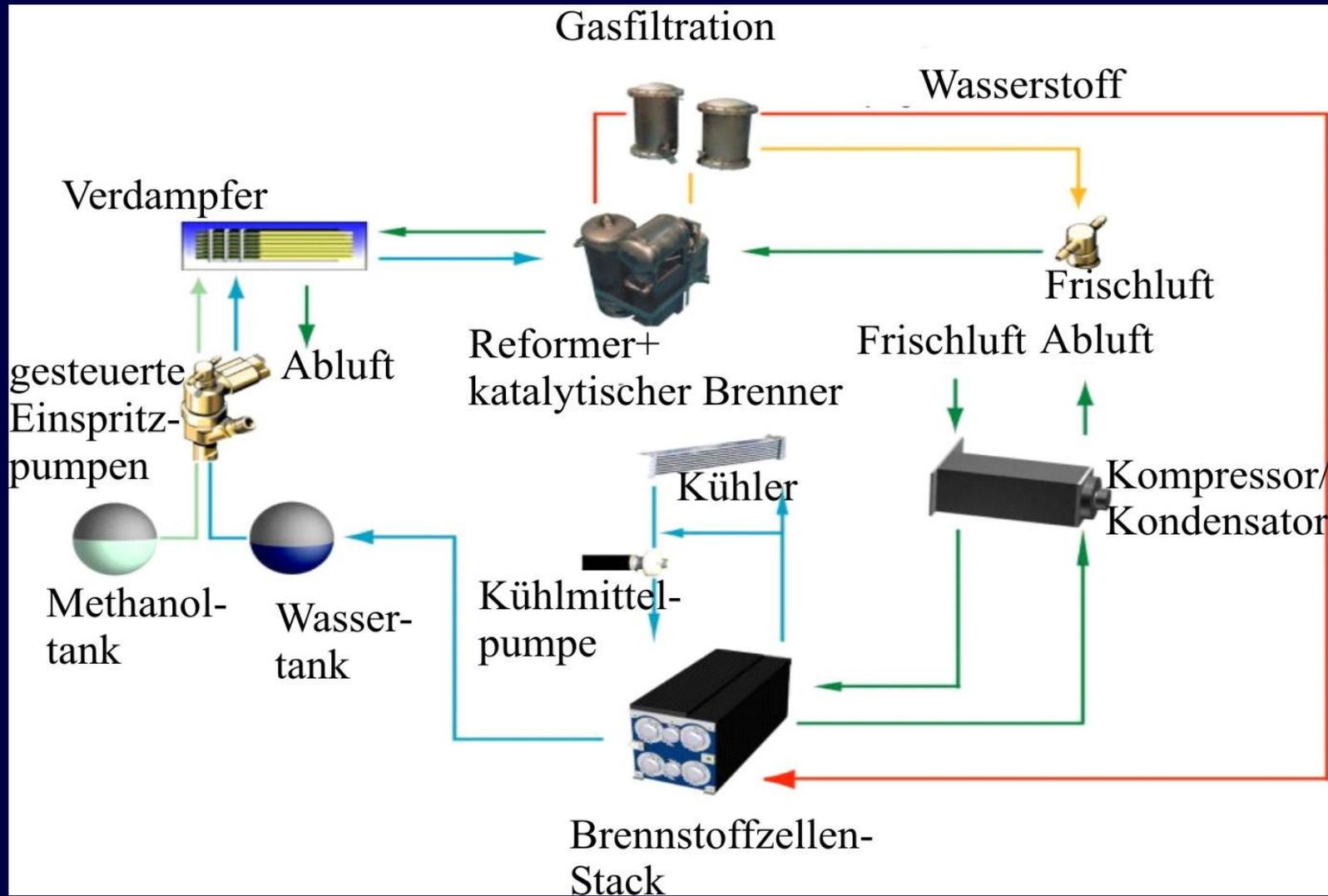
Alternative Antriebssysteme von der Energieform zu den Antriebsmodulen – Brennstoffzelle –



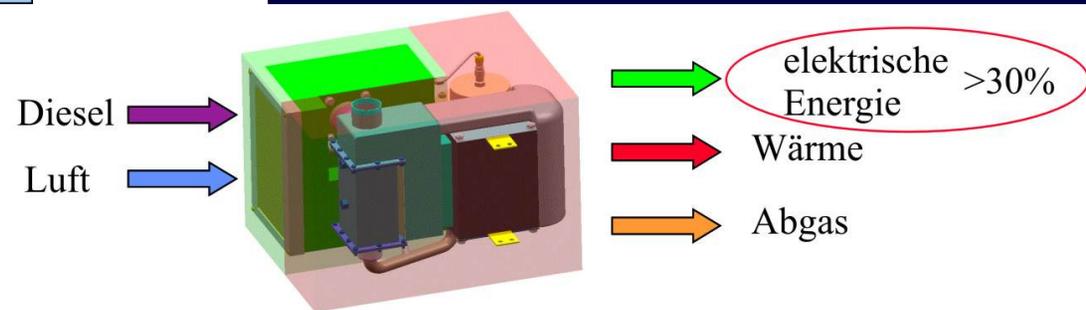
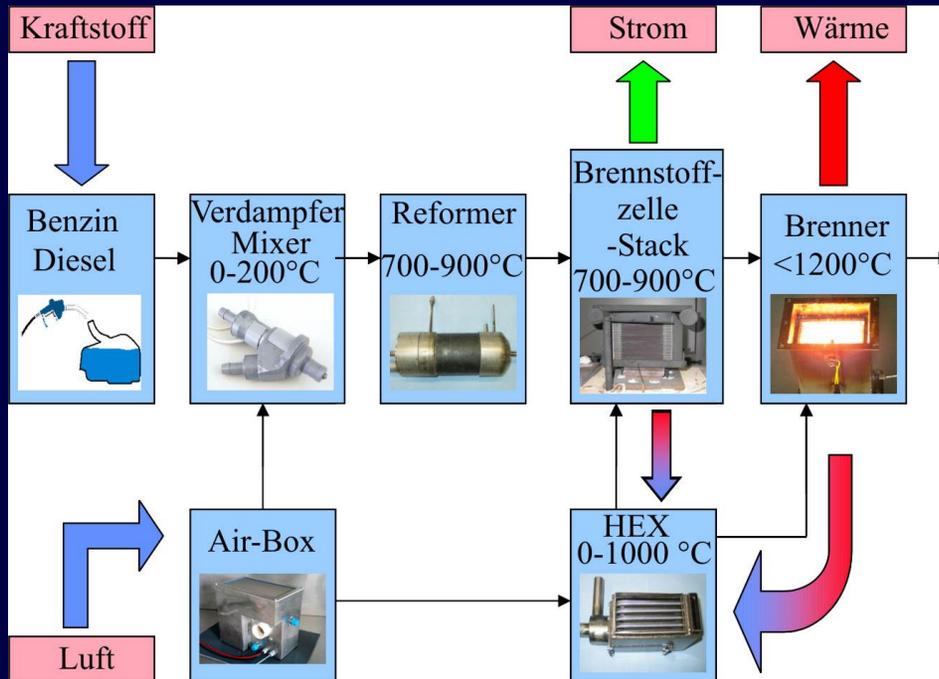
Anordnung der Funktionsmodule einer wasserstoffbetriebenen Brennstoffzelle in einem Automobil



Konfiguration einer Brennstoffzelle mit Methanol-Betrieb

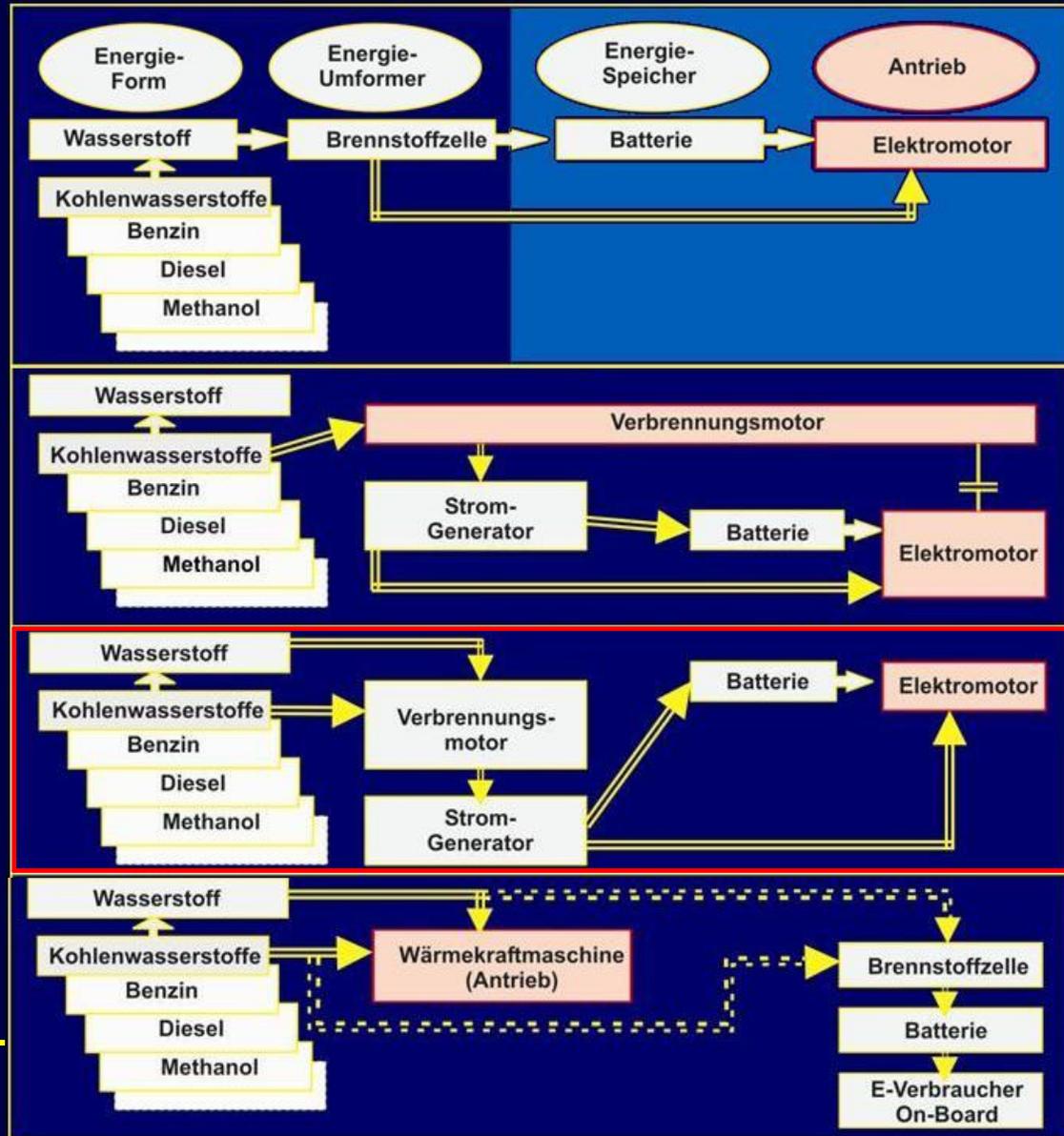


Brennstoffzelle mit Otto- oder Dieselkraftstoff als Stromerzeuger an Bord eines Automobils



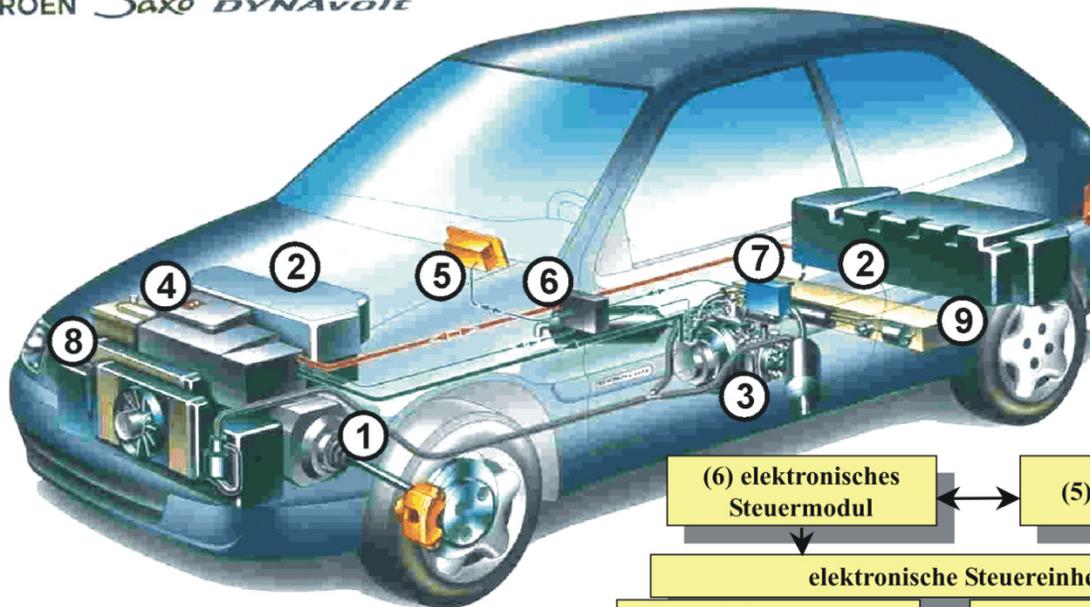
Ziele zum Markteintritt: Elektrische Leistung (netto): 2 .. 5 kW DC
 Volumen: < 50 l
 Masse: < 50 kg

Alternative Antriebssysteme von der Energieform zu den Antriebsmodulen – Seriellhybrid –

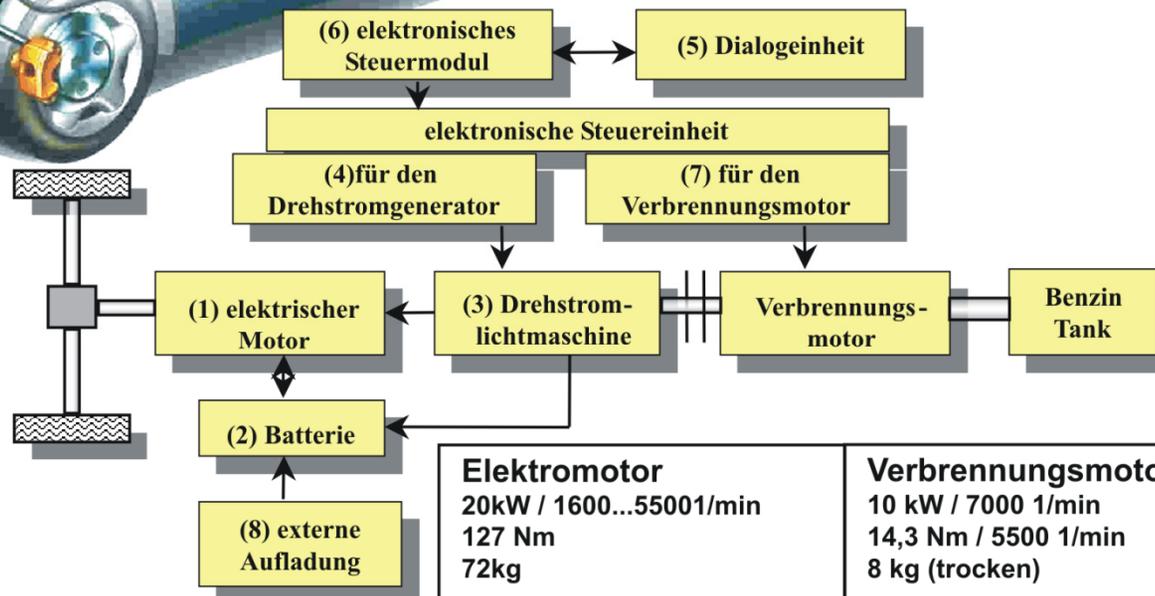
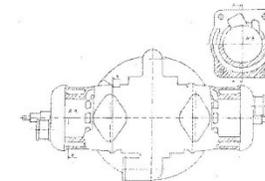


Range Extender: Citroen Saxo Dynavolt mit Elektroantrieb und Zweitaktmotor mit Direkteinspritzung als Stromgenerator

CITROËN *Saxo DYNAVOLT*

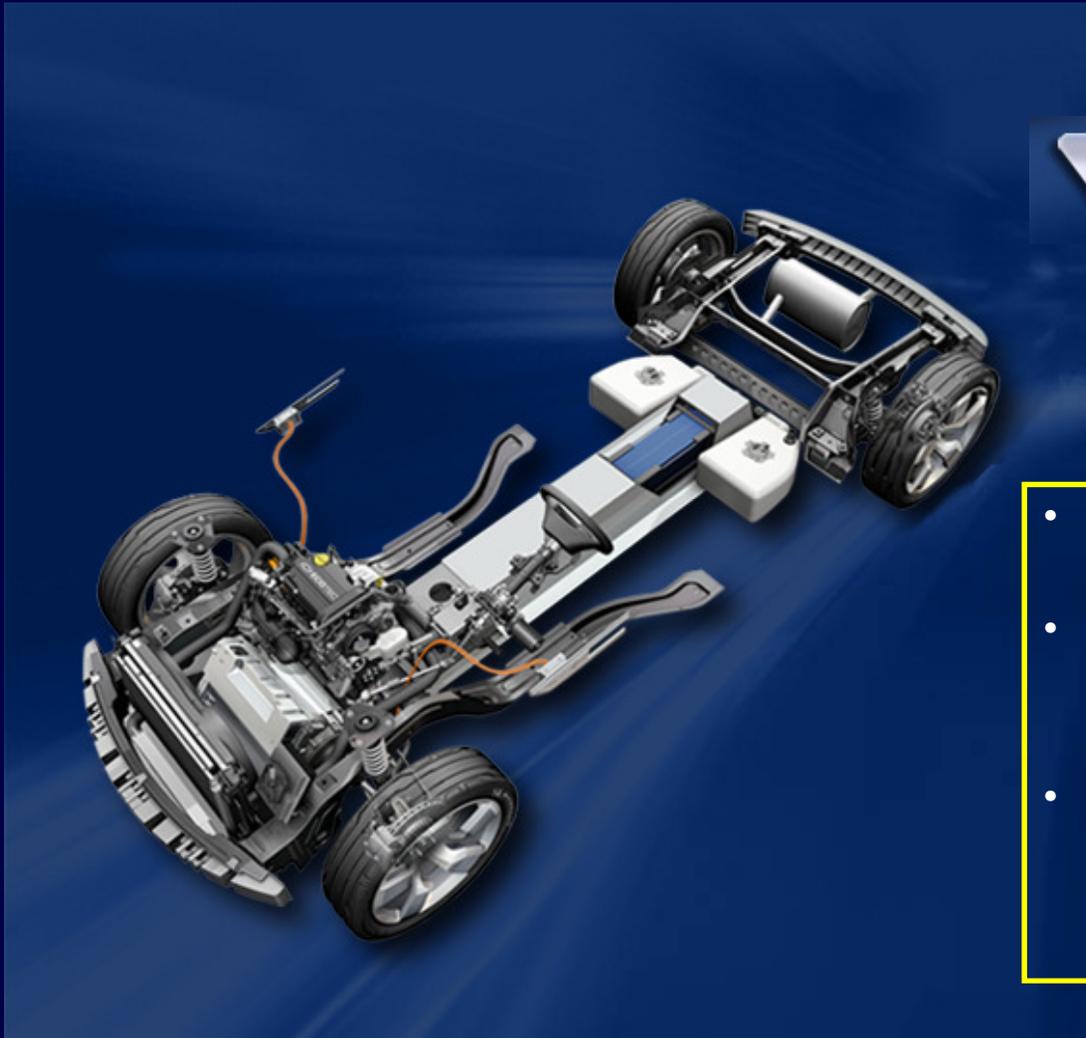


2 ZYLINDER BOXERMOTOR
 $\beta = 0,655$
 (0.3 x 0.3 x 0.25) m
 8 kg (trocken)



Elektromotor 20kW / 1600...55001/min 127 Nm 72kg	Verbrennungsmotor 10 kW / 7000 1/min 14,3 Nm / 5500 1/min 8 kg (trocken)
--	--

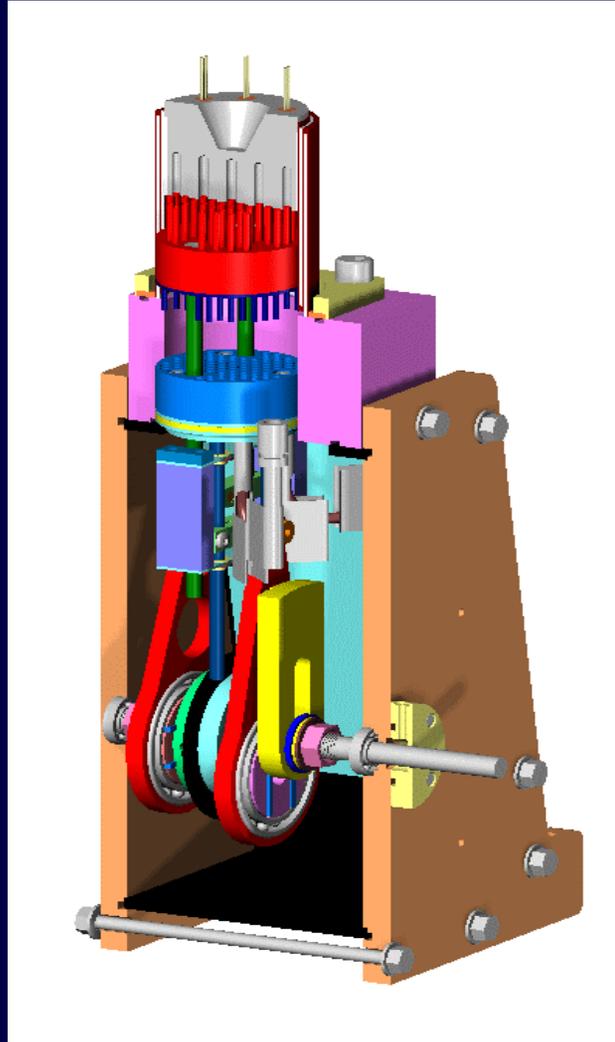
Range Extender: Chevy "volt"



E-FLEX

- **Antrieb: Elektromotor**
 - 120 kW / 320 Nm
- **Energie-Speicher: Li-Ion Batterie**
 - 136 kW
 - 16 kWh
- **Generator: Ottomotor**
 - 1.0L 3-Zylinder, 53 kW
 - Turboaufladung

Range Extender: Stirling-Motor



-
- Antriebssysteme und Energiemanagement
 - Diesotto – Konvergenz und Divergenz der Funktionen
 - Synfuel - Erdgas, Wasserstoff, Energie aus Pflanzen
 - Hybride - Kombinationen von Antriebsformen
 - Das Elektroauto – Batterie, Brennstoffzelle, Range Extender

• Schlussfolgerungen – welcher Antrieb wofür?

Oberklassewagen / SUV: Strong Hybrid



Verbrennungsmotor:

4,2 l FSI V8

257 kW (350 PS), 440 Nm

Elektromotor:

bis 30 km/h alleiniger Antrieb

32 kW (44 PS), 200 Nm

Fahrleistung:

2400 kg Fahrzeugmasse

Allradantrieb

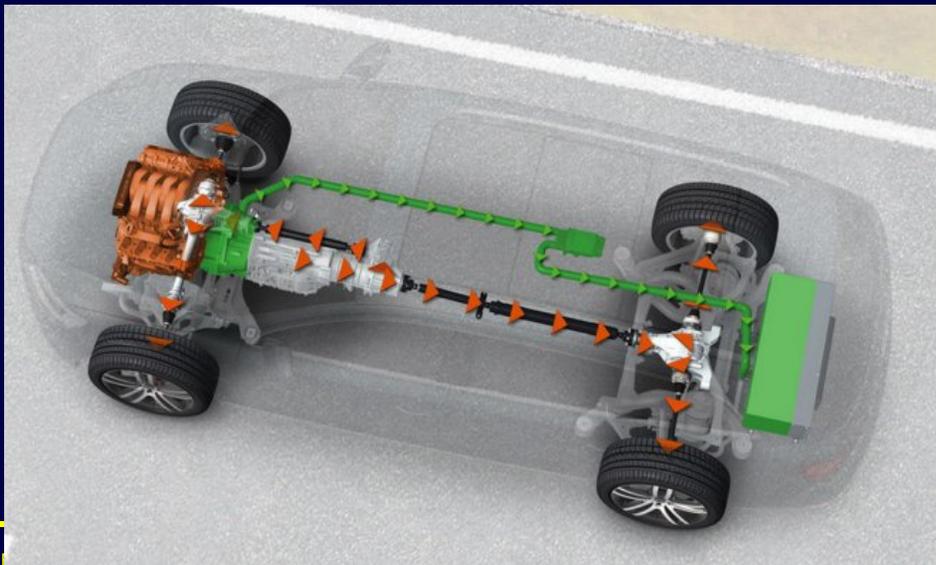
0 – 100 km/h in 6,8 s (- 0,6 s)

80 – 120 km/h in 7 s (- 2 s)

Verbrauch 12 l/100 km (- 13 %)

Batterie:

Ni-MH, 140 kg

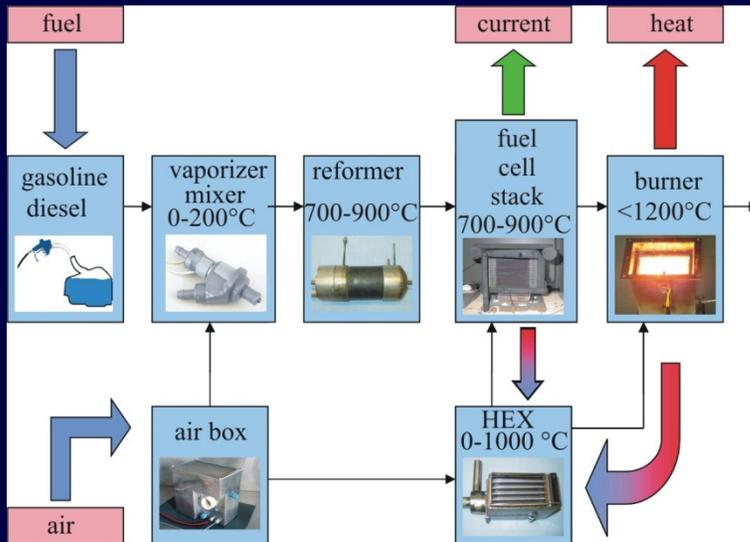


Freitag 2010

(Quelle: www.audi.de)

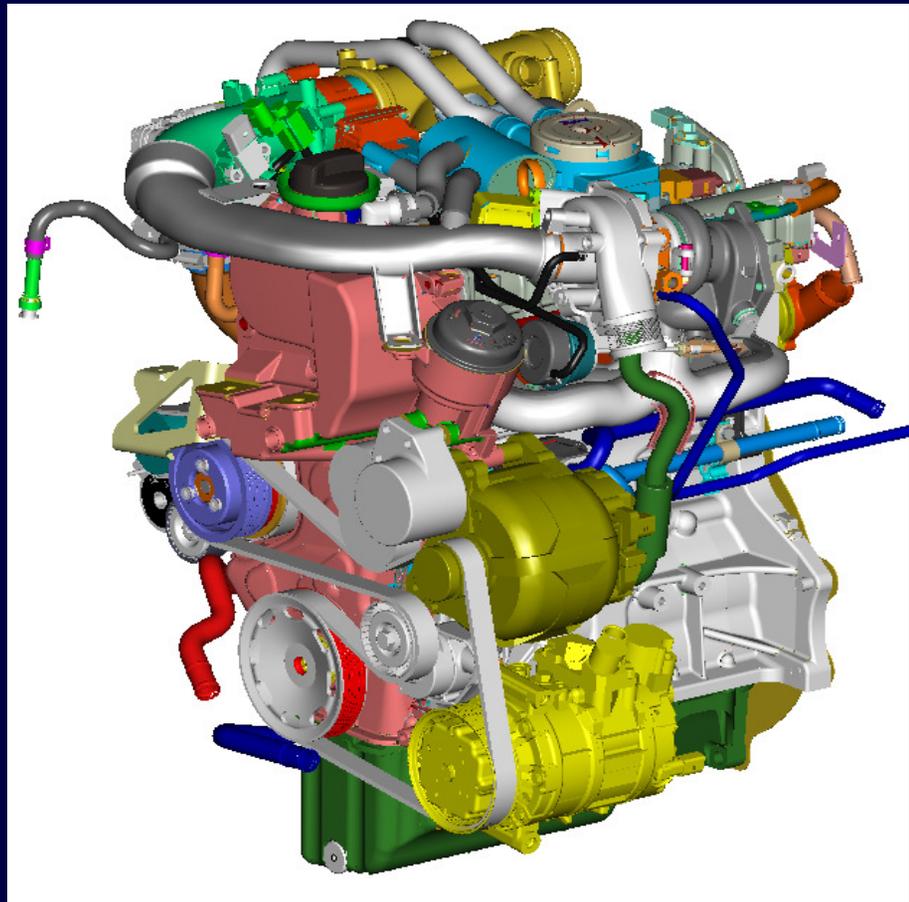
Prof. Dr. Stan

Mittelklassewagen: Antrieb durch Verbrennungsmotor, Elektroenergie an Bord mittels Brennstoffzelle



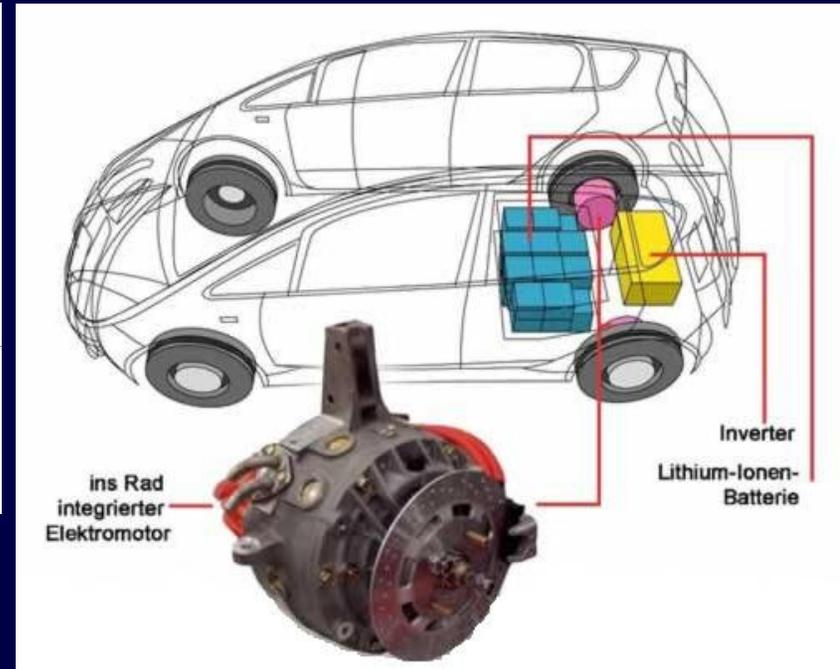
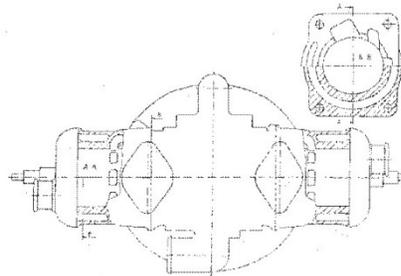
Elektroenergie an Bord mittels
Brennstoffzelle
(gleicher Kraftstoff
wie Antriebsmotor)

Antrieb durch
Verbrennungskraftmaschine

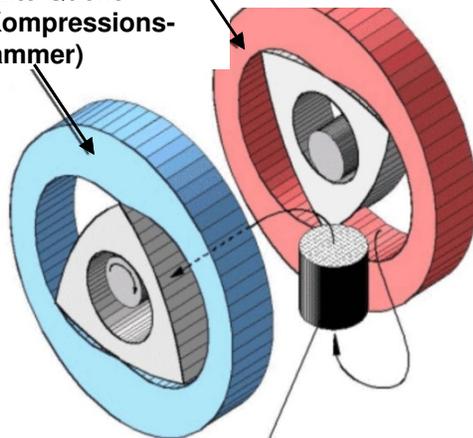


Stadtwagen: Elektroantrieb, Elektroenergie mittels Wärmekraftmaschine (Otto-, Diesel-, Stirling- oder Joule-Kreisprozess)

2 cylinder engine with opposite cylinders
 $\beta = 0,655$
 (0.3 x 0.3 x 0.25) m
 8 kg (dry)



Heiße Quelle (Expansionskammer)
 Kalte Quelle (Kompressionskammer)

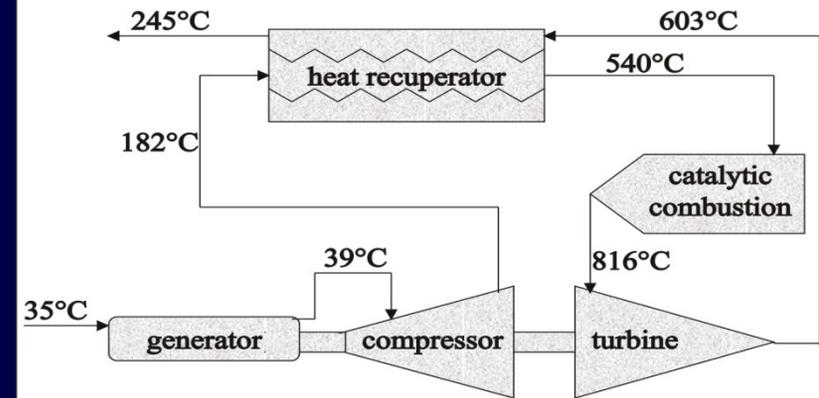


Wärmetauscher

Leistung: 24kW
 Geschwindigkeit: 96000 U/min
 Verdichtungsverhältnis: 3:1

Abmessung
 - Länge: 91 cm
 - Durchmesser: 41 cm
 - Masse: 41 kg

Kraftstoffe:
 - Methan, Propan, Butan
 - Gasoline, Methanol, Ethanol





**Die Vielfalt der zukünftigen Automobile
bedingt die Diversifizierung ihrer
Antriebe, derer modulare Auslegung,
aber auch derer verknüpfte Funktion**

