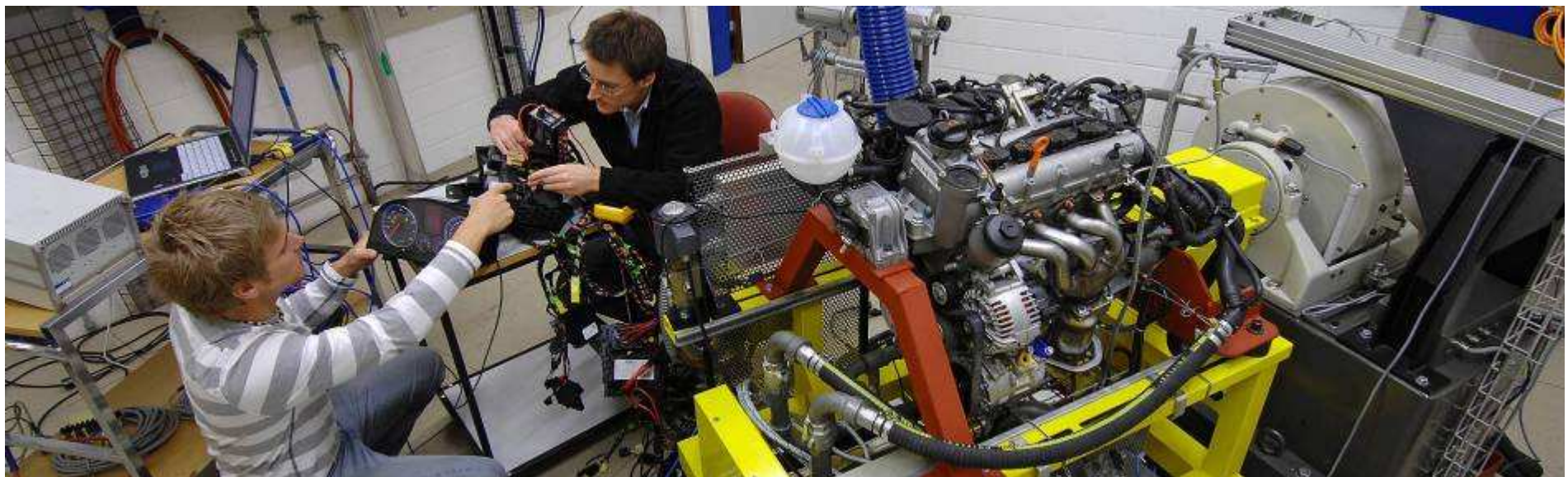


Energie Apéro Schwyz, 19. Oktober 2009

Effiziente Antriebstechnologien heute und morgen

Patrik Soltic, Abteilung Verbrennungsmotoren

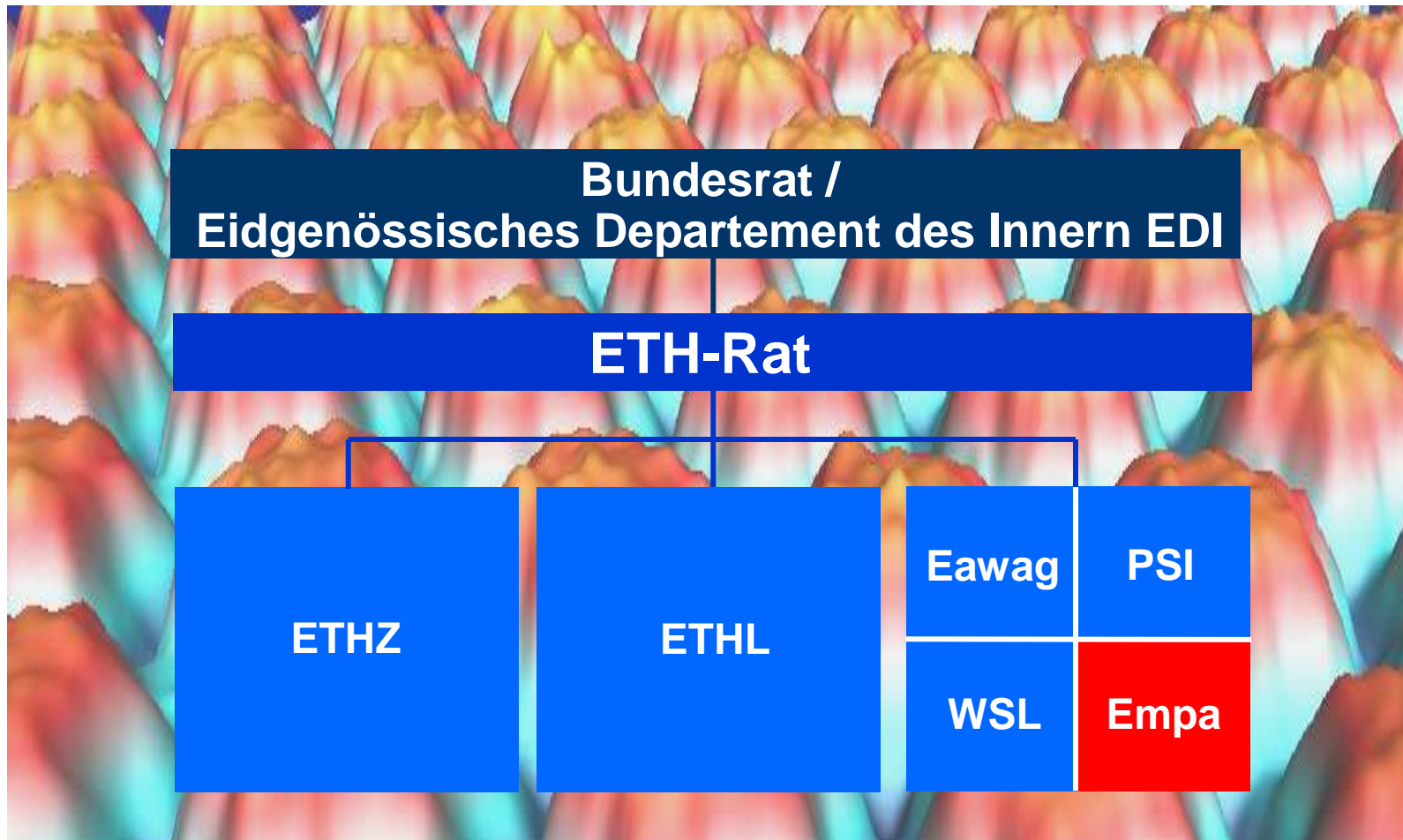


Inhalt

- **Kurzvorstellung Empa Abteilung Verbrennungsmotoren**
- **Well-to-Wheel / Tank-to-Wheel / Wirkungsgrade**
- **Diesel- Benzin- CNG-Fahrzeuge**
- **Schadstoffe**
- **Elektrofahrzeuge**
- **Zusammenfassung**

Kurzvorstellung

Empa Abteilung Verbrennungsmotoren



Kurzvorstellung

Empa Abteilung Verbrennungsmotoren



Abbildung: Motorenhaus
Standort: Dübendorf

Kurzvorstellung

Empa Abteilung Verbrennungsmotoren

Fahrzeuge



Antriebe

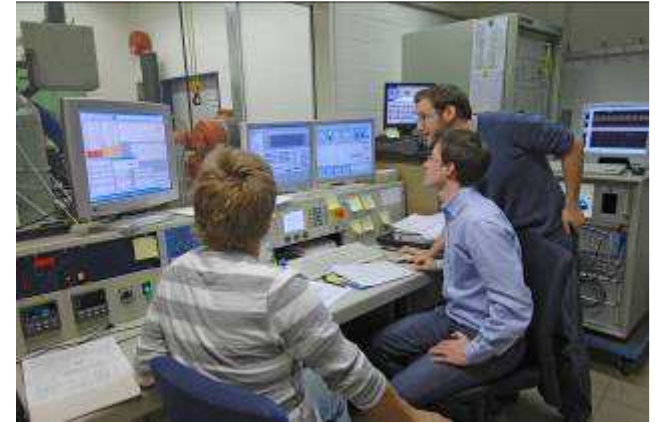


Abgasnach-
behandlung



Kurzvorstellung

Empa Abteilung Verbrennungsmotoren



Forschung und Ausbildung

- Erforschung und Demonstration von schadstoffarmen, effiziente Fahrzeugantriebe in enger Zusammenarbeit mit ETH, PSI und der Industrie
- spezielle Fragestellungen für Bundesämter (z.B. Modellierung von Schadstoffemissionen)
- Mitwirkung bei der Ausbildung an der ETH Zürich sowie an Fachhochschulen

Dienstleistungen

- Entwicklung von Motoren und Abgasnachbehandlungssystemen in Zusammenarbeit mit der schweizerischen und internationalen Industrie (z.B. Daimler, Volkswagen, Bosch, Liebherr, Iveco, Volvo, Renault, BMW, GM, Bucher-Guyer, Umicore, Corning, Engelhard, MAN, Rieter, Weidmann, Kistler, etc.)

Fokus der Abteilung

- Dieselmotoren im Nutzfahrzeug (Verbrennung, Aufladung, Abgasnachbehandlung)
- Erdgas-/Biogasmotoren im PW-Bereich (Verbrennung, Aufladung, Katalyse)
- Hybridisierung (Verbrennungsmotor + Batterie, Brennstoffzelle + Batterie)

Kurzvorstellung

Empa Abteilung Verbrennungsmotoren



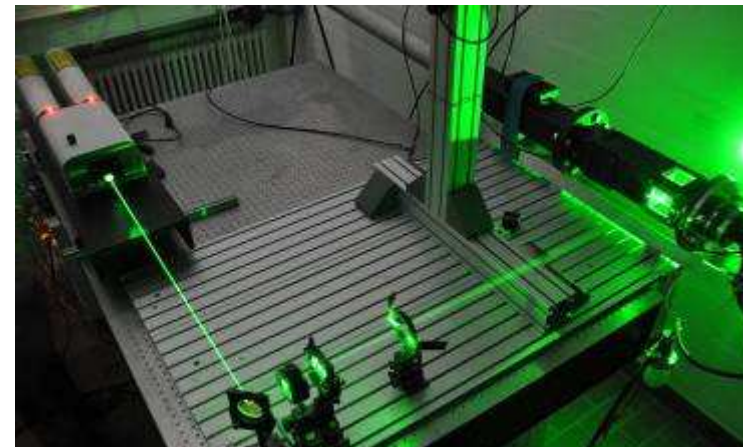
2 LKW Motorenprüfstände



2 PW Motorenprüfstände



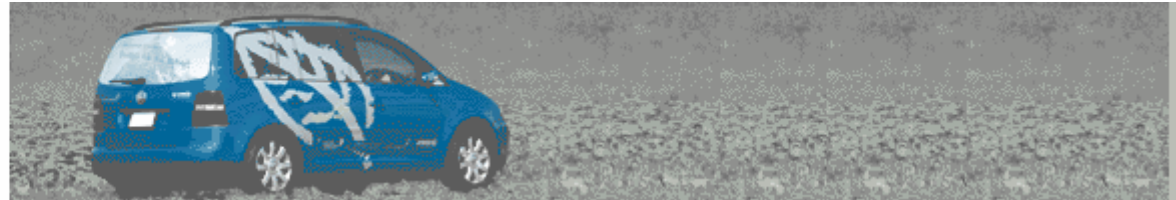
3 PW Rollenprüfstände



1 Laser Strömungslabor

Aktuelle F&E Highlights

Empa Abteilung Verbrennungsmotoren



Erdgas-/Biogas Hybridantrieb in Zusammenarbeit mit ETH, VW, Bosch

Hy.Muve: Brennstoffzellen /
Batterie Kommunalfahrzeug
In Zusammenarbeit mit Bucher-
Guyer und anderen Partnern,
Im Praxiseinsatz in Basel,
St. Gallen, Bern, ev. Genf



Neuartiger Katalysatorträger, Empa Patent
basiert auf keramischen Schäumen

Inhalt

- Kurzvorstellung Empa Abteilung Verbrennungsmotoren
- **Well-to-Wheel / Tank-to-Wheel / Wirkungsgrade**
- Diesel- Benzin- CNG-Fahrzeuge
- Schadstoffe
- Elektrofahrzeuge
- Zusammenfassung

Well-to-Wheel / Tank-to-Wheel / Wirkungsgrade

Ganzheitliche Betrachtung ist notwendig

- Erzeugung und Entsorgung des Fahrzeuges inkl. aller vorgelagerter Prozesse



- Energiebereitstellung (Förderung, Aufbereitung, Wandlung, Transport, etc.)



- Infrastruktur

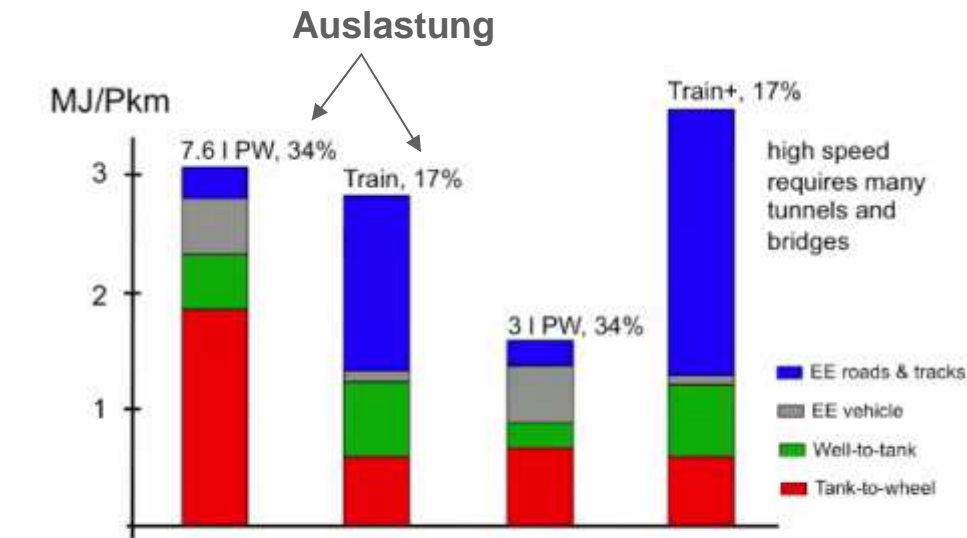


- Nutzung



Well-to-Wheel / Tank-to-Wheel / Wirkungsgrade

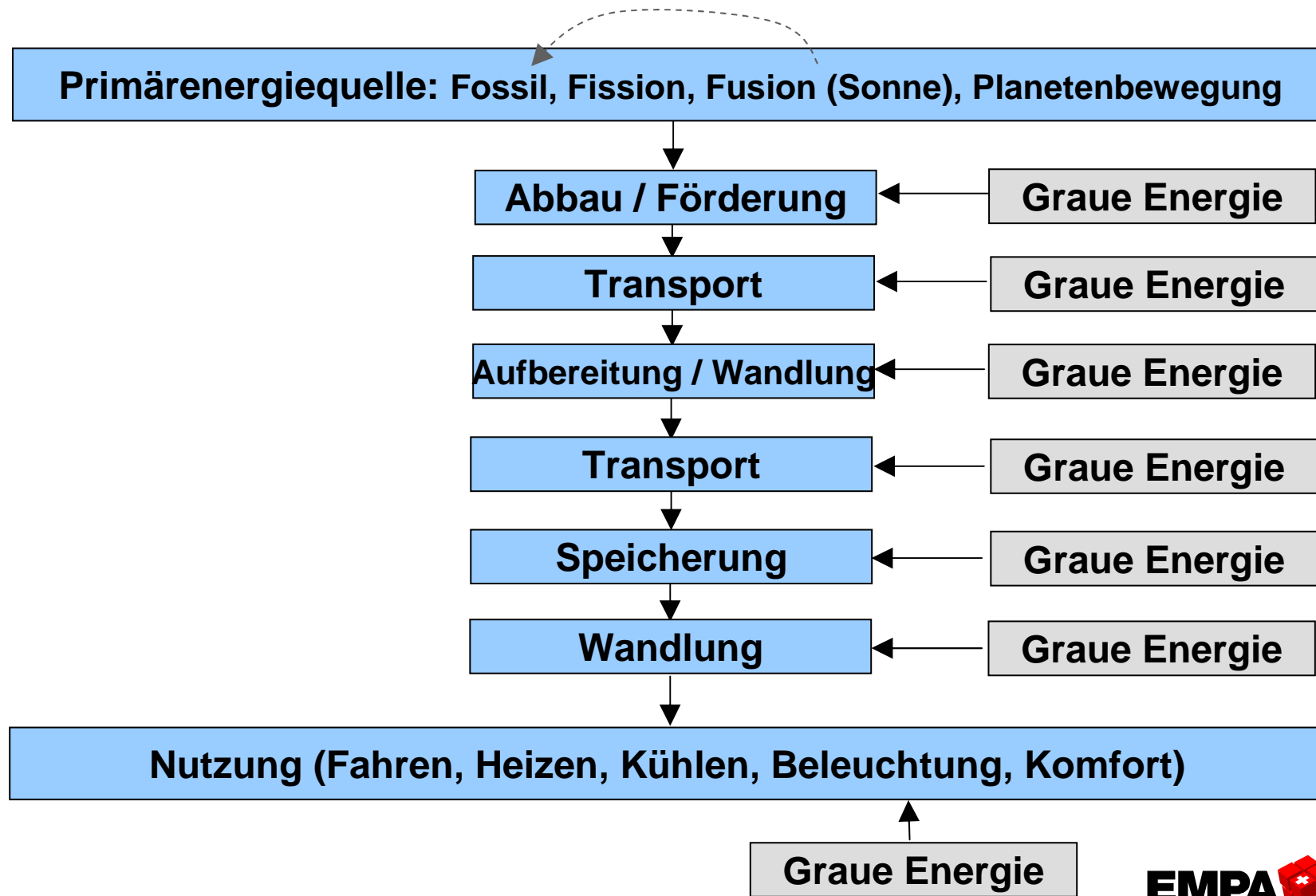
Ganzheitliche Betrachtung liefert manchmal unerwartete Ergebnisse



Source: Hansruedi Kunz (Baudirektion Kt. Zürich), Berner Verkehrstage 2009

⇒ „Well-to-tank“ und Infrastruktur liefert bei einigen Anwendungen einen bedeutenden Anteil

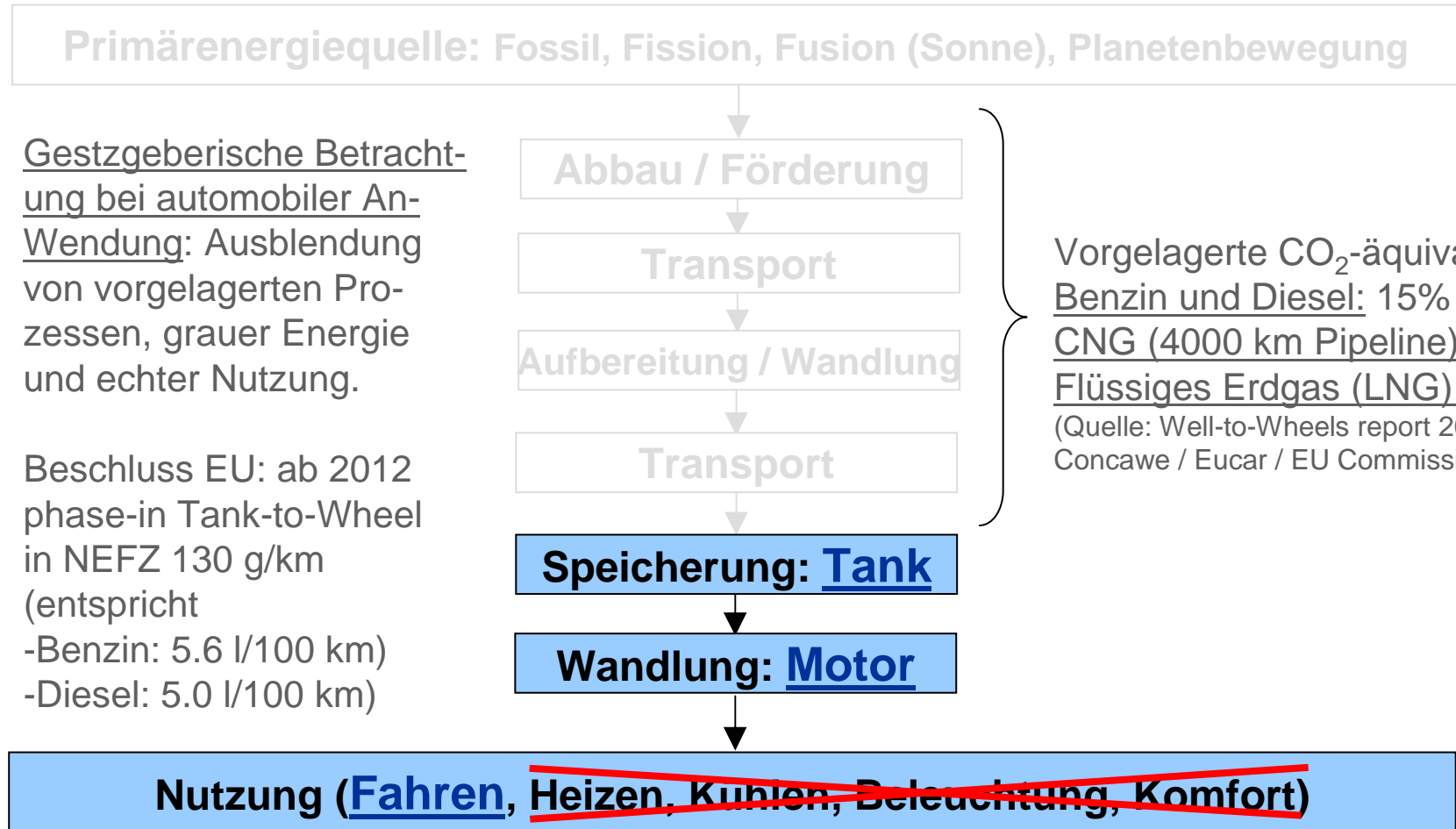
Well-to-Wheel / Tank-to-Wheel / Wirkungsgrade



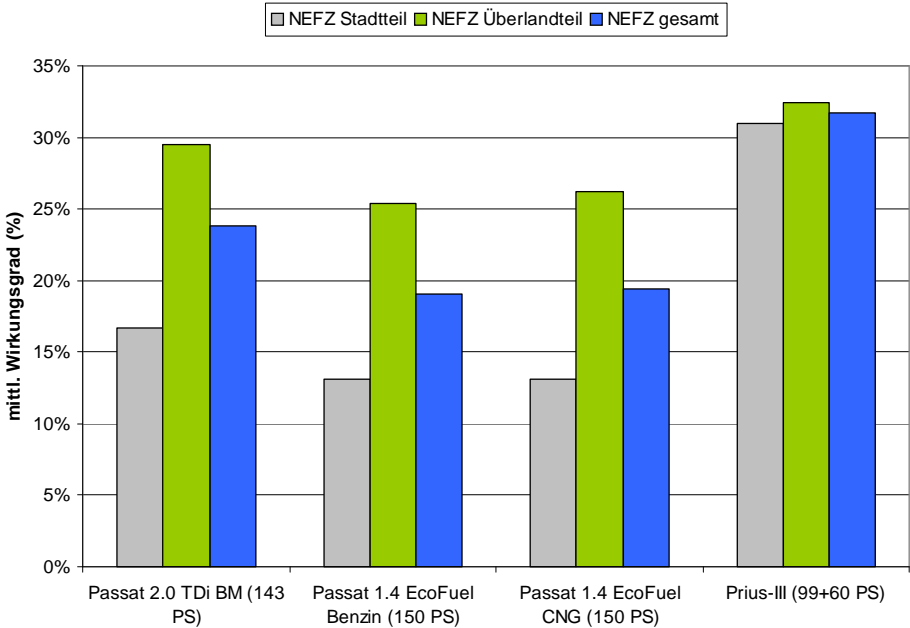
Inhalt

- **Kurzvorstellung Empa Abteilung Verbrennungsmotoren**
- **Well-to-Wheel / Tank-to-Wheel / Wirkungsgrade**
- **Diesel- Benzin- CNG-Fahrzeuge**
- **Schadstoffe**
- **Elektrofahrzeuge**
- **Zusammenfassung**

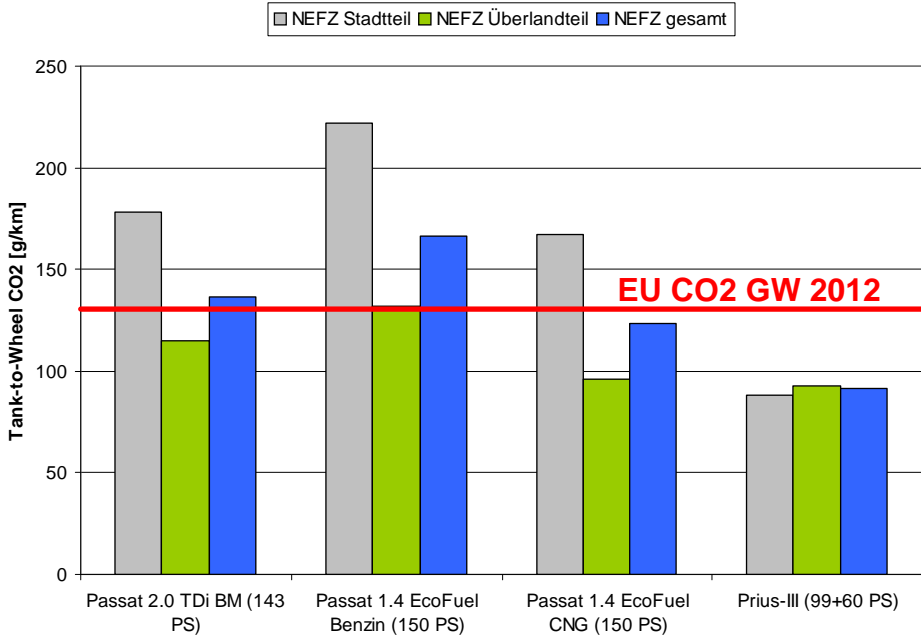
Diesel – Benzin – CNG Fahrzeuge



Diesel – Benzin – CNG Fahrzeuge



Benzin / CNG: +/- gleicher Wirkungsgrad



CNG: 25% weniger CO₂ Emissionen als Benzin

Vergleichsweise grosse/schwere Fahrzeuge (Passat/Prius) unterbieten heutzutage mit moderner Benzin-Hybrid bzw. Erdgastechnologie 130 gCO₂/km



Diesel – Benzin – CNG Fahrzeuge

Vergleichsweise grosse/schwere Fahrzeuge (z.B. Passat/Prius) mit sehr schadstoffarmen Motoren unterbieten heutzutage mit moderner Benzin-Hybrid bzw. Erdgastechnologie 130 gCO₂/km und stossen somit etwa gleich viel CO₂ aus, wie schadstoffarme Kleinwagen mit klassischer Antriebstechnik



VW Passat Ecofuel (Erdgas)

Euro5
1'577 kg
4 Zyl.; 1.4 l Twincharger
110 kW, 220 Nm
119 g CO₂/km



Toyota Prius-III

Euro5
1'445 kg
4 Zyl.; 1.8 l + 2 Elektromotoren
73 kW + 60 kWe
92 g CO₂/km

High-Tech
(Beispiele)



Klassische
Technik
(Beispiele)



Mazda 2 (Benzin)

Euro4
1030 kg
4 Zyl.; 1.3 l
55 kW, 121 Nm
125 g CO₂/km



VW Polo V (Benzin)

Euro5
1067 kg
3 Zyl.; 1.2 l
44 kW, 108 Nm
128 g CO₂/km



Opel Corsa (Benzin)

Euro4
1'100 kg
4 Zyl.; 1.0 l
44 kW, 88 Nm
134 g CO₂/km

Diesel – Benzin – CNG Fahrzeuge

Ein Blick in die Kristallkugel

- Die beschlossenen CO₂-Grenzwerte der EU werden einen Technologieschub auslösen, Effizienz wird zur Schlüsselaufgabe der Entwicklung (hoffentlich übernimmt die Schweiz die EU CO₂ Grenzwerte, sonst werden wir mit alter Technik beliefert).
- Dieselmotoren sind effizient, stossen aber deutlich mehr Schadstoffe (v.a. NO_x) als Benzinfahrzeuge aus.
Zukunft Diesel: nur noch mit Partikelfilter, zusätzlich Entstickungssysteme (sog. SCR). Dies wird den PW-Dieselantrieb zusätzlich verteuern (ca. 1000-2000 CHF).
- Benzinmotoren durchlaufen gerade eine rasante technische Aufholjagd zum Diesel, d.h. Hubraumverkleinerung und (Turbo-) Aufladung werden immer mehr zum Standard, die Verbräuche im realen Fahrbetrieb werden sinken, Schadstoffemissionen (CO, HC, NO_x) existieren kaum noch.
- Hybridantriebe gewinnen an Bedeutung, d.h. zum Verbrennungsmotor gesellt sich ein Elektroantrieb. Aufgrund der hohen Kosten kurzfristig v.a. im Luxussegment vielversprechend, d.h. Akzeptanzgewinn von grossen, schweren Fahrzeugen.
- Erdgasantriebe werden an Bedeutung gewinnen. Einerseits haben sie einen 25%-igen CO₂ Vorteil gegenüber Benzinfahrzeugen, andererseits vermindern sie die Abhängigkeit vom Öl. Biogas lässt sich effizient lokal in kleinen Anlagen aus Abfall- und Reststoffen produzieren, dies erhöht die Attraktivität.

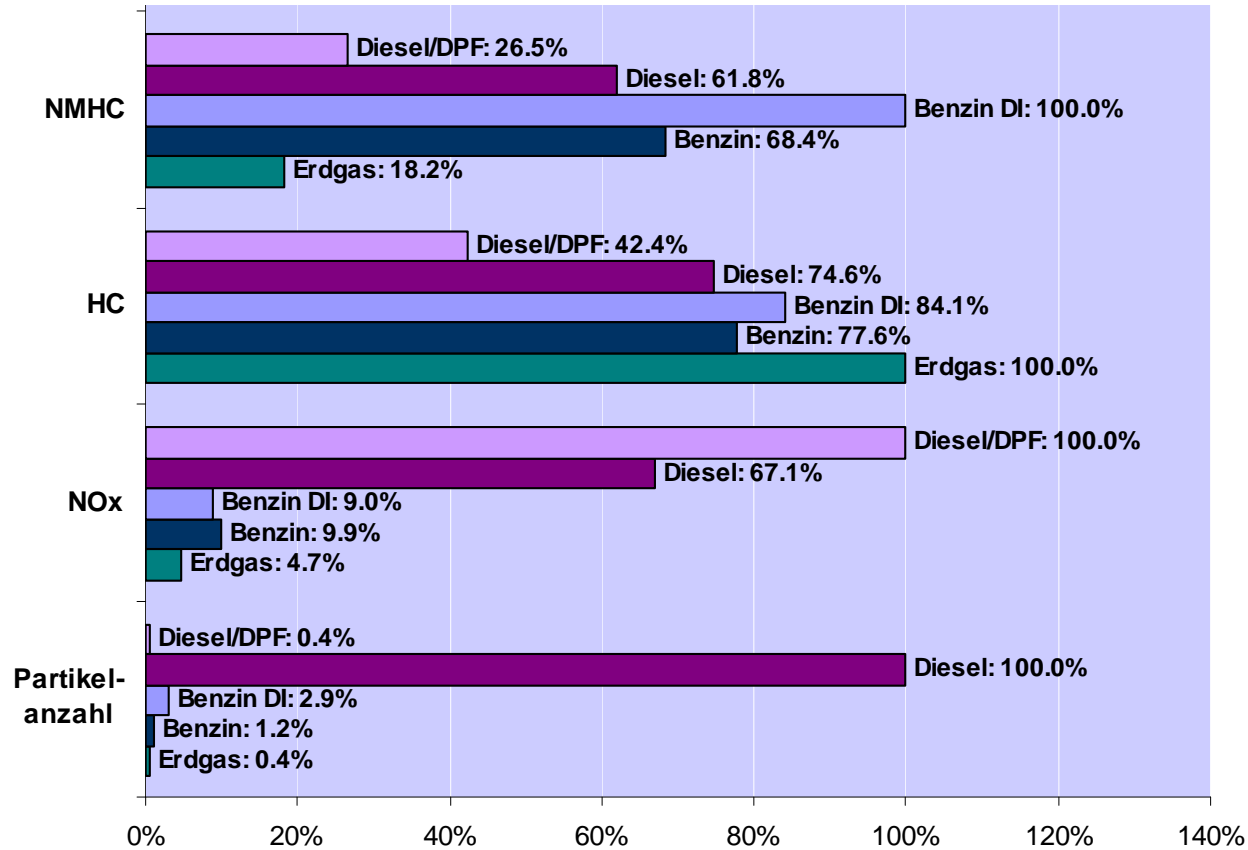
Inhalt

- Kurzvorstellung Empa Abteilung Verbrennungsmotoren
- Well-to-Wheel / Tank-to-Wheel / Wirkungsgrade
- Diesel- Benzin- CNG-Fahrzeuge
- **Schadstoffe**
- Elektrofahrzeuge
- Zusammenfassung

Schadstoffe

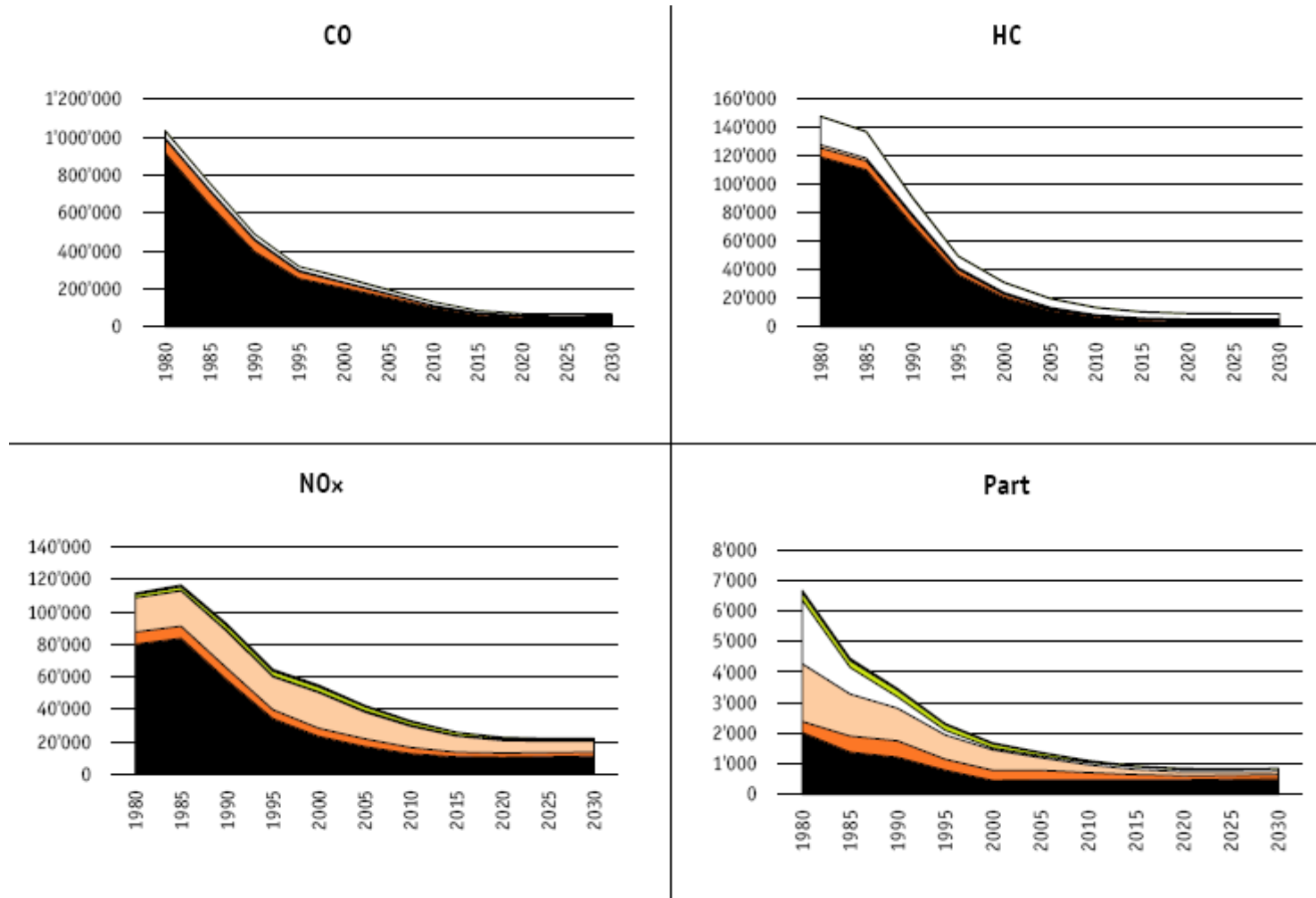
unterschiedlicher heutiger Technologien

Quelle: Bach / Lienin, Emissionsvergleich verschiedener Antriebsarten in aktuellen Personenwagen, 2007



Schadstoffe

Verkehr: Entwicklung und Prognosen

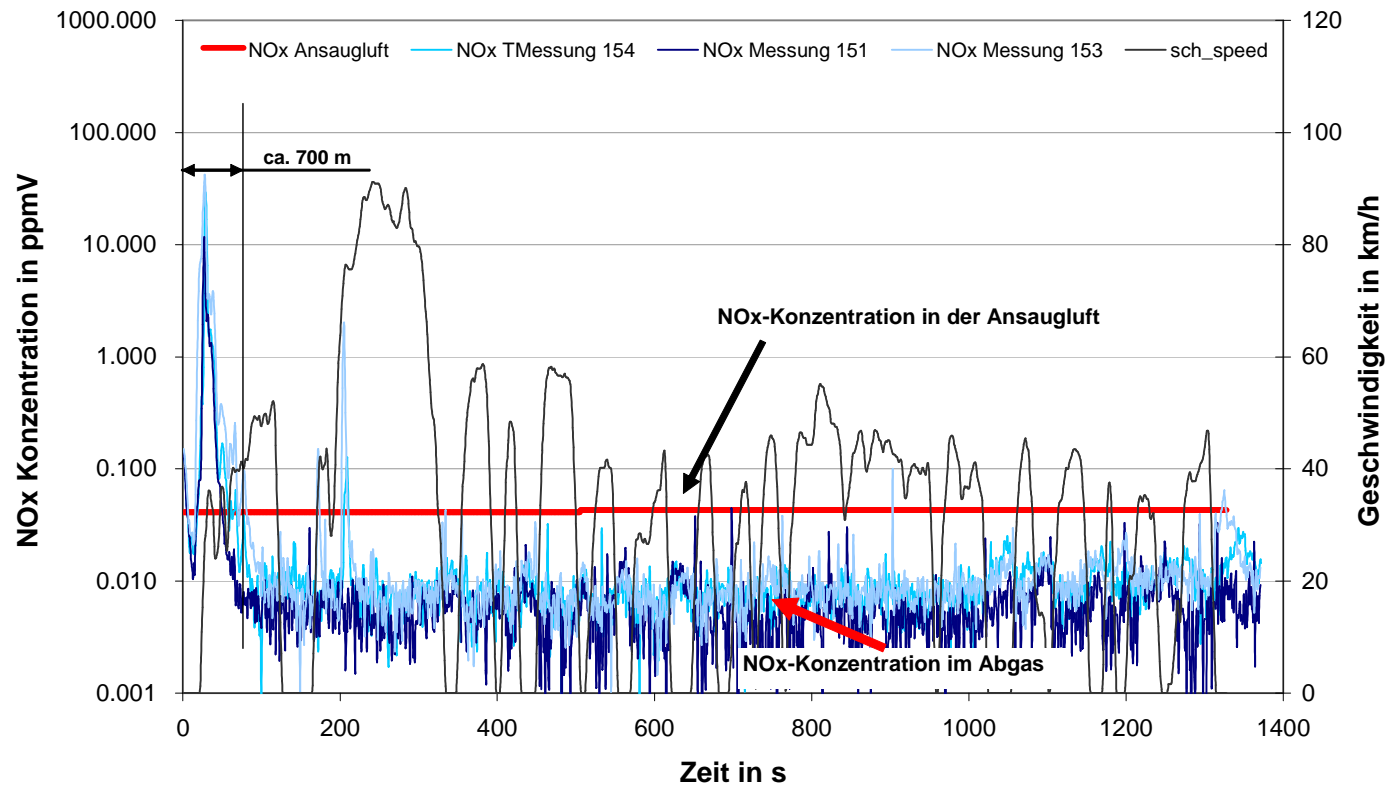


Quelle: BAFU (CH)

Schadstoffe

Luftreinigungsmaschine mit Erdgas technisch machbar

- Gemeinschaftsprojekt Empa, ETH, VW, Bosch (2000-2004)
- 1.0 Liter CNG Turbomotor



- Nach ca. 700m im dynamischen Betrieb dauernd deutlich tiefere NOx Emissionen im Auspuff als in der Ansaugluft

Inhalt

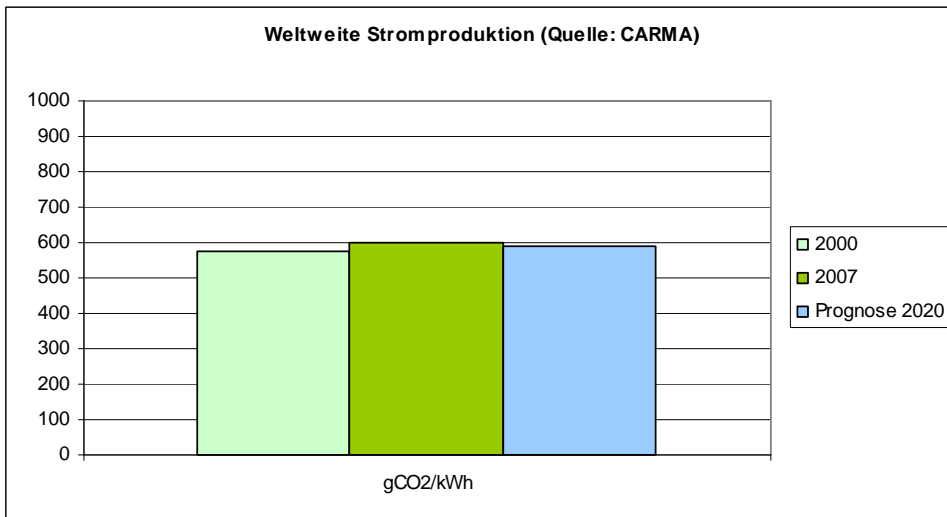
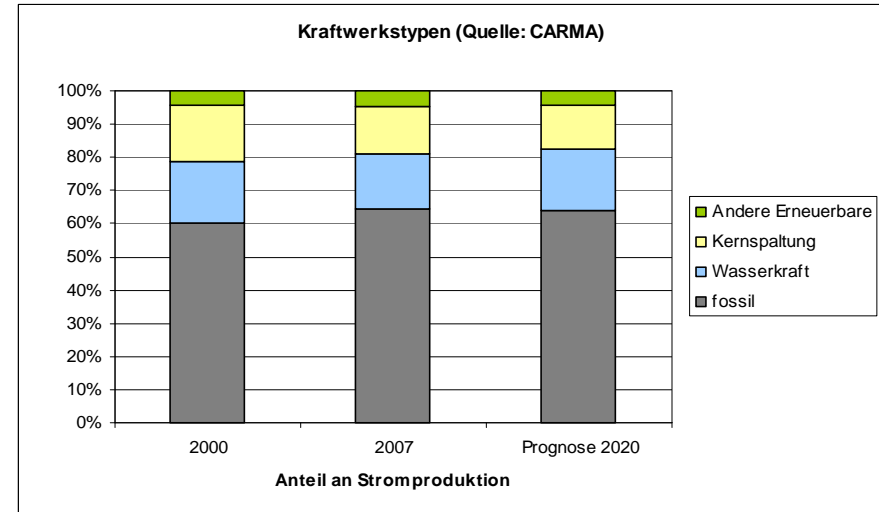
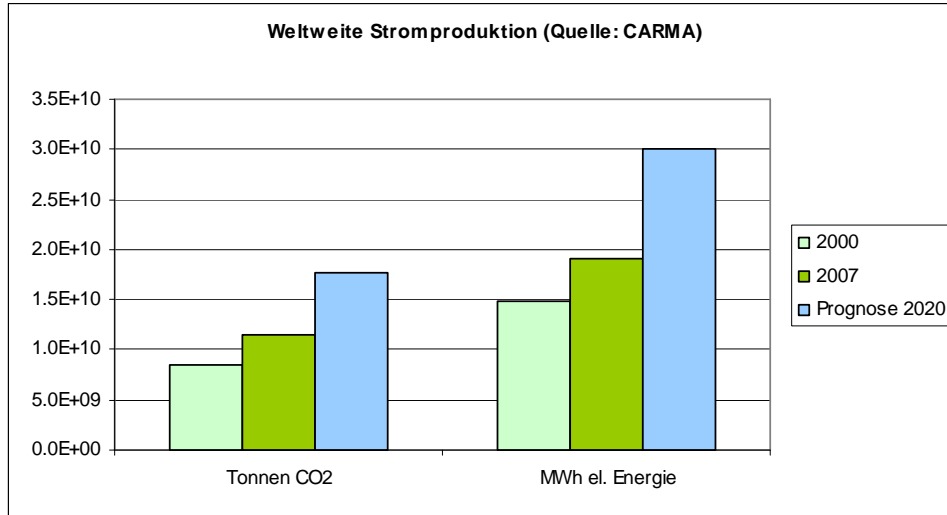
- **Kurzvorstellung Empa Abteilung Verbrennungsmotoren**
- **Well-to-Wheel / Tank-to-Wheel / Wirkungsgrade**
- **Diesel- Benzin- CNG-Fahrzeuge**
- **Schadstoffe**
- **Elektrofahrzeuge**
- **Zusammenfassung**

Elektroautomobile



Elektroautomobile

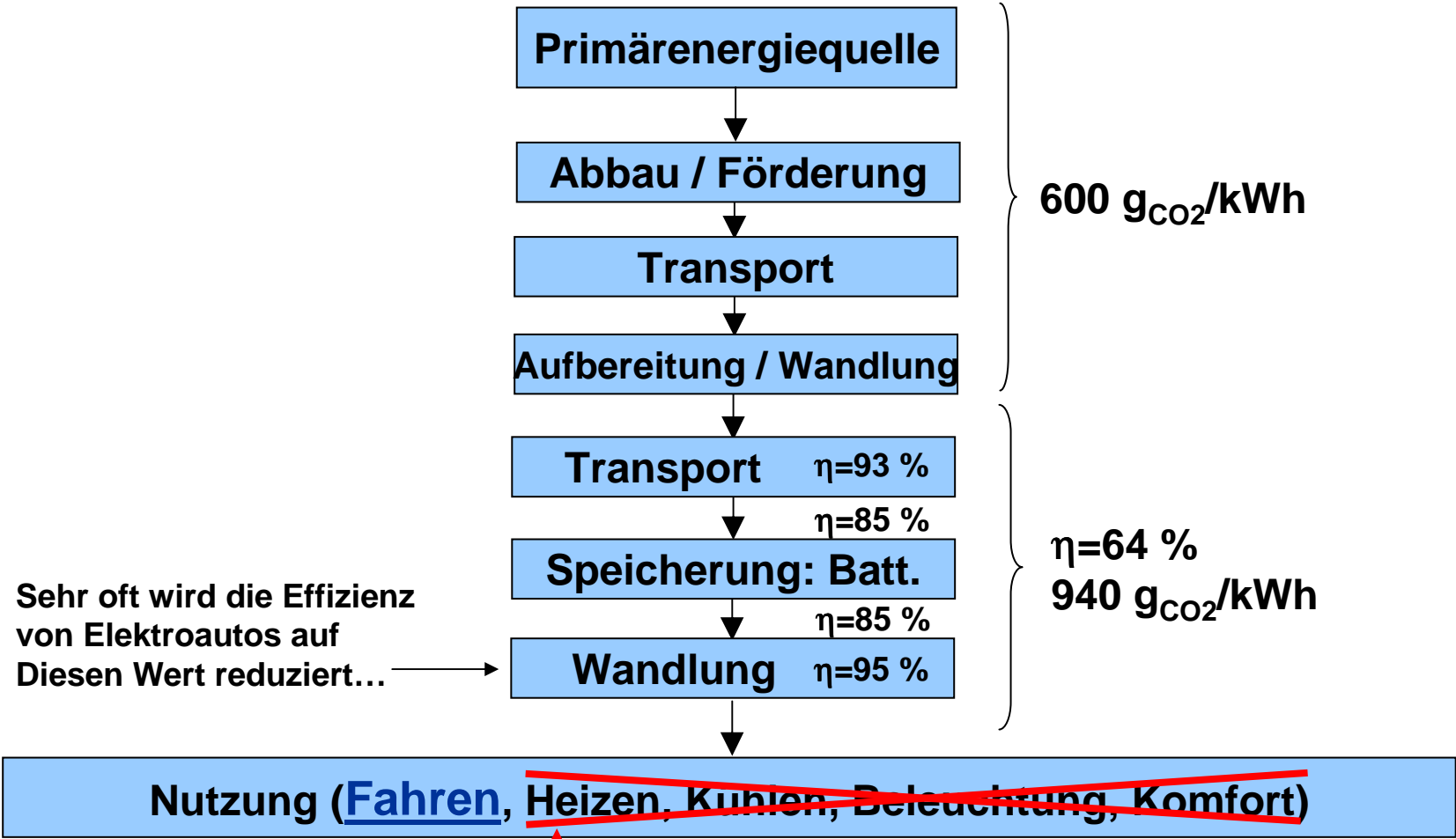
Stromproduktion



- **Strombedarf / Stromproduktion nimmt weltweit stark zu, es existiert heute und in Zukunft kein ungenutzter „grüner Strom“**
- **Der Strommix wird weltweit nicht stark ändern, Strom ab Kraftwerk verursacht im Schnitt weltweit rund 600 g_{CO2}/kWh**

Elektroautomobile

Well-to-Wheel Betrachtung am Weltstromnetz



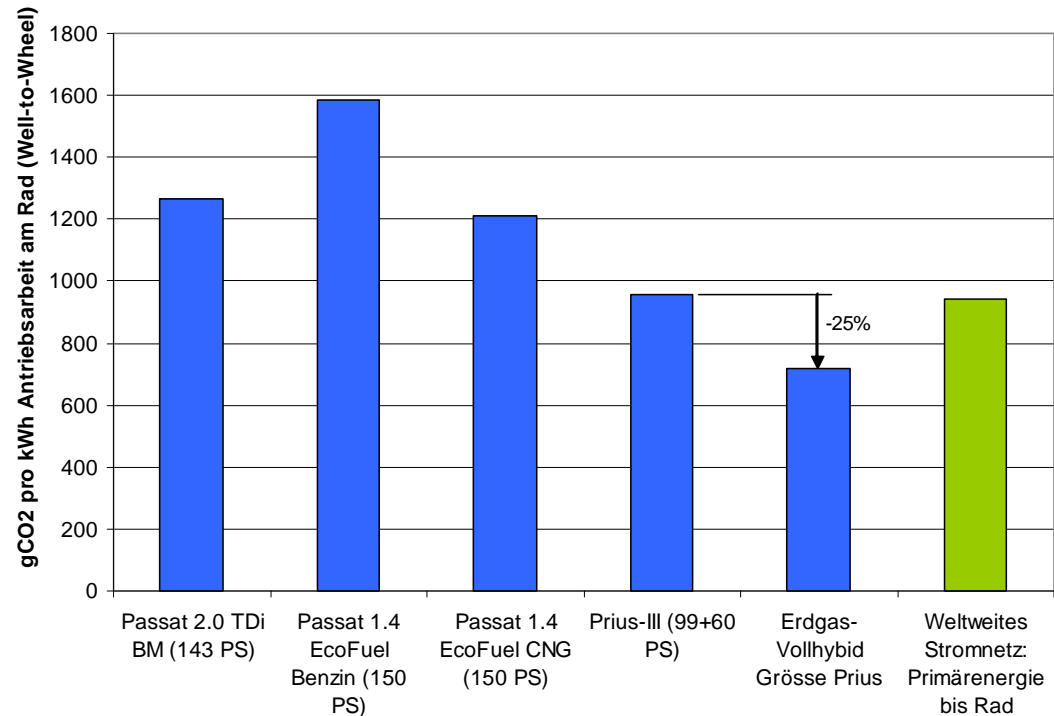
Sehr oft wird die Effizienz von Elektroautos auf Diesen Wert reduziert...

Achtung, dies ist bei Verbrennungsmotoren „gratis“



Elektroautomobile

Vergleich der CO₂ Emissionen



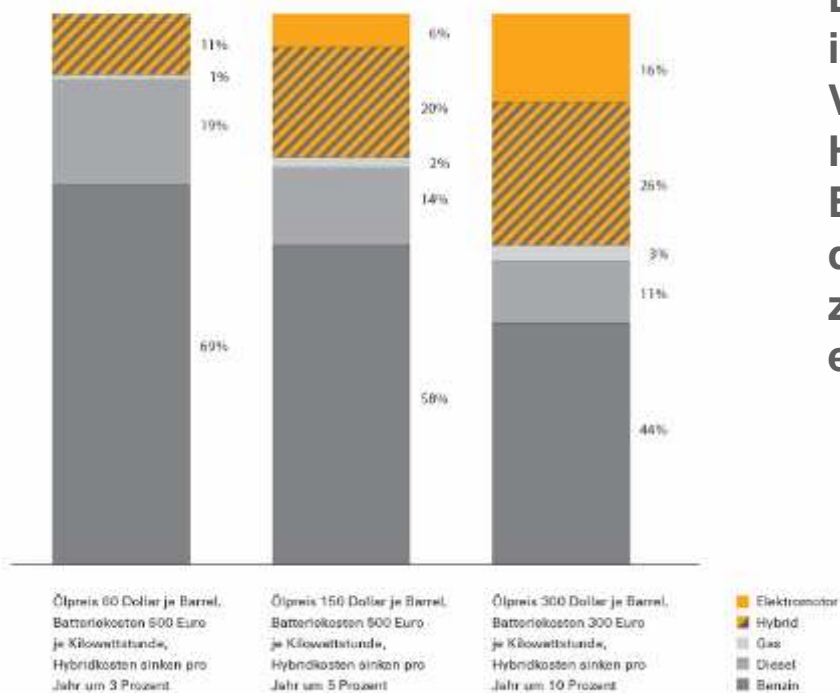
- Bezogen auf die Endenergie (Arbeit am Rad), schneiden moderne Benzin-Hybridfahrzeuge bezüglich totalen CO₂ Emissionen (ohne graue Energie) in etwa gleich gut ab wie Elektrofahrzeuge, Erdgas-Hybridfahrzeuge können dies noch unterbieten
- Moderne Erdgasfahrzeuge sind modernen Dieselfahrzeugen bezüglich totalen CO₂ Emissionen überlegen (und haben zudem deutlich weniger Schadstoffemissionen)

Elektroautomobile

Zukunftsprognosen

- Es existieren in etwa gleich viele Prognosen wie Experten
- Regierungen zeigen sich momentan euphorisch bezüglich Elektrofahrzeugen, es droht eine neue Enttäuschung wie Ankündigungen zu Brennstoffzellen in den 1990ern.
- Elektrofahrzeuge sind gut für eine Energiediversifizierung des Verkehrsbereiches
- Beispiel einer guten, realistischen Einschätzung der Industrie (ZF):

Marktanteile von Autoantriebskonzepten in Abhängigkeit vom Ölpreis:
Auch im Jahr 2020 ist der Verbrennungsmotor für Benzin-, Diesel-, Gas- und Hybridfahrzeuge die bestimmende Technik.



D.h. wir werden noch viele Jahre in der individuellen Mobilität hauptsächlich mit Verbrennungsmotoren unterwegs sein, Hybridantriebe gewinnen an Bedeutung. Elektroautos werden kommen, v.a. wo das Einsatzprofil eine sinnvolle Nutzung zulässt und die hohen Batteriekosten eine untergeordnete Rolle spielen.

Inhalt

- **Kurzvorstellung Empa Abteilung Verbrennungsmotoren**
- **Well-to-Wheel / Tank-to-Wheel / Wirkungsgrade**
- **Diesel- Benzin- CNG-Fahrzeuge**
- **Schadstoffe**
- **Elektrofahrzeuge**
- **Zusammenfassung**

Zusammenfassung

- Der kurz- und mittelfristige Schlüssel für eine energieeffiziente individuelle Mobilität ist die konsequente Weiterentwicklung des verbrennungsmotorischen Antriebsstranges, wobei alternative Treibstoffe wie Erdgas/Biogas an Bedeutung gewinnen werden
- Schadstoffe aus Verbrennungsmotoren sind mit aktuellen und zukünftigen Technologien kaum noch ein Thema
- Eine etwa 40%-ige Reduktion des Treibstoffverbrauches im Vergleich zu heute ist technisch machbar, allerdings kostet diese Technik Geld (z.B. Aufladung, Einspritzung, Getriebe, Bordnetz, Hybridisierung, Leichtbau)
- Die EU CO₂ Grenzwerte mit recht heftigen Bussen bei Nichterfüllung werden die Entwicklung und Verbreitung von verbrauchsarmen Fahrzeugen sehr stark begünstigen („Geld lieber in Technik statt in Bussen investieren“)
- Elektroautos werden an Bedeutung gewinnen, ihre Wichtigkeit wird in der öffentlichen Wahrnehmung momentan massiv überschätzt (Neigung der Menschen an eine alle Probleme lösende Technologie zu glauben, ohne das eigene Verhalten ändern zu müssen)
- Effizient lokal aus Abfall- und Reststoffen produzierte Treibstoffe sind ein wichtiger Bestandteil der zukünftigen Energieversorgung, sie können etwa 10-15% des heutigen Energiebedarfes der Mobilität abdecken.
- Bezüglich Versorgungssicherheit ist eine Diversifizierung des Individualverkehrs sinnvoll



Besten Dank für das Interesse



patrik.soltic@empa.ch