Erdgas und Strom: Zwei saubere Treibstoffe!

Christian Bach

Abteilungsleiter Verbrennungsmotoren



Inhalt

Ausgangslage

- ⇒ hohe wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung der Mobilität
- ⇒ hohe lokale Schadstoffemissionen und globale Treibhausgasemissionen

Erdgas und Biogas

⇒ sehr gut geeignet für Verbrennungsmotoren

Elektroantrieb

- ⇒ Sehr effizienter Antrieb
- □ Umweltbelastung hängt vom Herkunft des Stromes ab

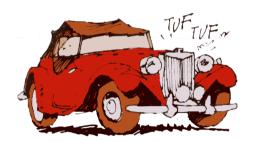
Zusammenfassung

- ⇒ Diversifizierung des Treibstoffangebots
- ⇒ Elektroantriebe für Stadt-/Pendlerfahrzeuge, Erdgas als Mittelklasse- und Gewerbefahrzeuge



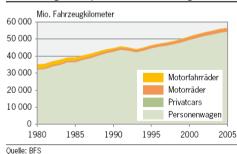
Einige Kennzahlen zum Strassenverkehr

Personenwagenflotte im CO₂-Fokus



- 3.9 Mio PW
- 90 Mia Pkm/a in CH
- 4 Mio t/a Benzin/Diesel (Importvol. ca. 5 Mia CHF/a)
- 11.2 Mio t CO₂ (22%)

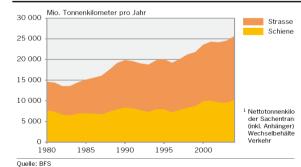
Fahrleistungen des privaten Motorfahrzeugverkehrs





- 0.3 Mio Lastwagen/Busse
- 15 Mia tkm/a in CH
- 50'000 t/a Diesel (Importvol. ca. 0.7 Mia CHF/a)
- 2.0 Mio t CO₂ (4%)

Verkehrsleistungen im Güterverkehr





- 7 Mia CHF Export in die Autoindustrie
- 1/3 der CH-Maschinen in Automobilindustrie
- Jeder 7. CH-Arbeitsplatz von Automobilindustrie abhängig
- 3% aller Unternehmen sind im Verkehr tätig (90'000 AP)

Quelle: BfS, AutoCluster



Ausgangslage



Weshalb sich wohl Dinge äpressemitteilung



NIZZONINA

AKTUELL FACHMEDIEN SPECIALS BRANCHE WISSEN EVENTS KARRIERE

Neue Etappe für die Luftreinhaltung

Bern, 11.09.2009 - Dank grosser Fortschritte in den letzten Jahrzehnten ist es gelungen, die Werte verschiedener Luftschadstoffe auf ein befriedigendes Niveau zu senken. Die Luftqualität ist aber noch ungenügend in Bezug auf Feinstaub, Ozon Stickoxide und Ammoniak Der Bundesrat hat am 11. September 2009 das Luftreinhalte-Konzept des Bundes aktualisiert. Er hat die zuständigen Departemente beauftragt, eine Reihe von Massnahmen, welche Vorschriften, Anreize und internationale Zusammenarbeit umfassen, zu prüfen und vorzuhereifen.

Dank der Massnahmen, die seit den 80er-Jahren ergriffen wurden, ist die Luftverschmutzung in der Schweiz beträchtlich zurückgegangen. Bei verschiedenen Schadstoffen wie dem Schwefeldioxid, dem Kohlenmonoxid und den Schwermetallen werden die Grenzwerte, welche eine ausreichende Luftqualität für die Gesundheit und die Umwelt garantieren, eingehalten (siehe Kasten unten). Bei anderen Schadstoffen wie dem Ozon, den Stickoxiden, dem Feinstaub und den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), die Vorläufer von Ozon sind, zeigen die zahlreichen Grenzwertüberschreitungen, dass noch Handlungsbedarf besteht (siehe Faktenblatt 1).

Der Bundesrat hat am 11. September 2009 das Luftreinhalte-Konzept in Erfüllung einer Motion aktualisiert. Die Emissionen von Stickoxiden müssen gegenüber 2005 um 50 % reduziert werden, diejenigen von Feinstaub um 45 % von Ammoniak um 40 % und von VOC um 20 bis 30 %, da die Verunreinigung mit diesen Stoffen immer noch zu hoch ist.

Massnahmen

Der Bundesrat lässt auch eine Reihe von Massnahmen prüfen und im Form von Vorschlägen für einen späteren Entscheid vorbereiten. Die Massnahmen betreffen alle Sektoren, die Schadstoffe emittieren (Industrie, Heizungen, Verkehr und Landwirtschaft), und umfassen Vorschriften, Anreize und internationales Engagement.

r eine kurze Episode"



15.11.2007 - Wie das Erdölzeitalter, "diese kurze Episode in der Geschichte der Menschheit", in absehbarer Zeit beendet sein wird, erklärte Professor Peter Kehrer, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), auf der MTZ-Konferenz Kraft- und Schmierstoffe vom 14. und 15. November 2007 in Hamburg.

reisniveaus wird zwar der Anteil an nicht-konventionellem Erdöl - Schweröl (0,934 Schwerstöl (über 1 g/cm3), Ölsande und Ölschiefer sowie synthetisches Erdöl (BTL Erdgas und CTL aus Kohle) - zunehmen, aber bis zum Jahr 2020 nicht mehr als fünf Gesamtförderung ausmachen.

ial her mit dem Erdöl vergleichbare Erdgas steht dank der bisherigen und aktuellen rvenstands günstiger da, weil es später in den Markt gekommen ist: Die aktuelle des Erdöls vor etwa 20 bis 30 Jahren. Daher kann Erdgas Erdöl zunächst teilweise rdermaximum in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts auch von Erdgas

iber nicht damit enden, dass alles im Untergrund förderbare Öl gewonnen wurde. Is Rohstoff in kleineren Mengen noch in Jahrhunderten gefördert werden. Auch dann eit ihren Energiebedarf längst schon jenseits der Kohlenwasserstoffe Erdöl und

onen in die Suche neuer



leit drastisch abgenommen haben.

<u>ιποιωραταιασημείου μεταιτισή, φαιοποσησίες από σοργείομε</u>



Erdgas/Biogas als Motorentreibstoff

Besonders gute Eignung als motorischer Treibstoff



Therm. Wirkungsgrad:

 $n_{th} = 1 - \frac{1}{\mathcal{E}^{\kappa-1}}$

wobei:

 \mathcal{E} = Verdichtungsverhältnis

K =Isotropenexponent $\frac{C_p}{C_v}$

Spezifikation	Benzin	Methan
Oktanzahl	95 – 98	130
	<u></u>	

Verdichtungsverhältnis 10 - 11 13 - 13.5

Heizwert	43 MJ/kg	50 MJ/kg
Flammentemperatur	2'500 K	2'150 K
H:C Verhältnis	2:1	4:1
Spez. CO ₂ Emissionen	74 g/MJ	55 g/MJ
Energiedichte	30 MJ/dm ³	7 MJ/dm ³

Reduzierte CO₂ Emissionen Nachteil?



Inhalt

Ausgangslage

- ⇒ hohe wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung der Mobilität
- ⇒ hohe lokale Schadstoffemissionen und globale Treibhausgasemissionen

Erdgas und Biogas

⇒ sehr gut geeignet für Verbrennungsmotoren

Elektroantrieb

- ⇒ Sehr effizienter Antrieb
- □ Umweltbelastung hängt vom Herkunft des Stromes ab

Zusammenfassung

- ⇒ Diversifizierung des Treibstoffangebots
- ⇒ Elektroantriebe für Stadt-/Pendlerfahrzeuge, Erdgas als Mittelklasse- und Gewerbefahrzeuge



Projektziele



Projektziele

- -30% CO₂
- Euro-4 and SULEV

Abgasnachbehandlung

- Katalysatorkonzept
- Lambdastrategie

Motor

- Erhöhung Verdichtung
- Turboaufladung mit Ladedruckregelung
- Angepasste Motorsteuerung

















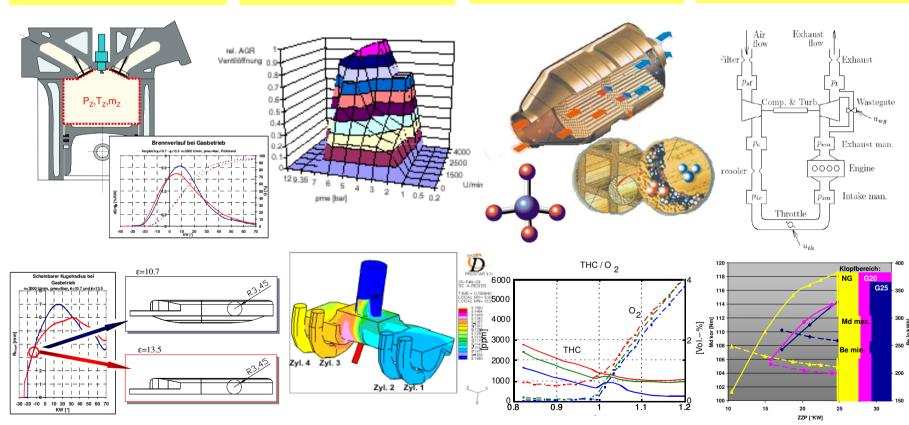




Arbeitspakete

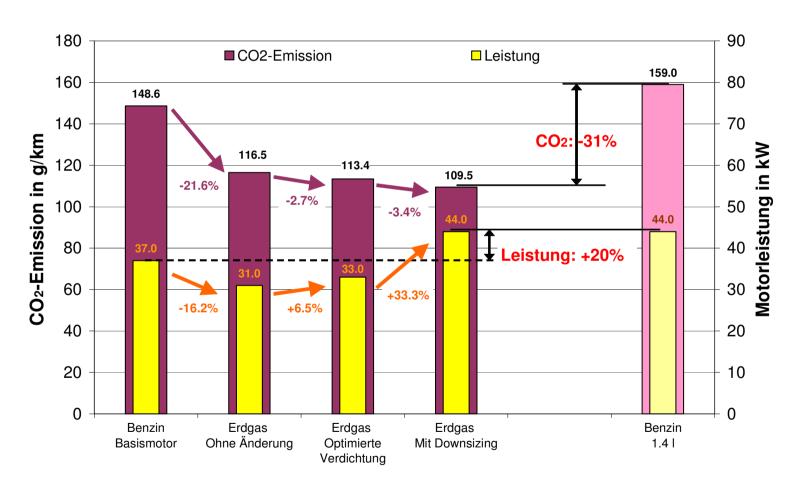
Motorprozess-Simulation Abgasrückführung

Abgasnachbehandlung Turboaufladung/ Downsizing



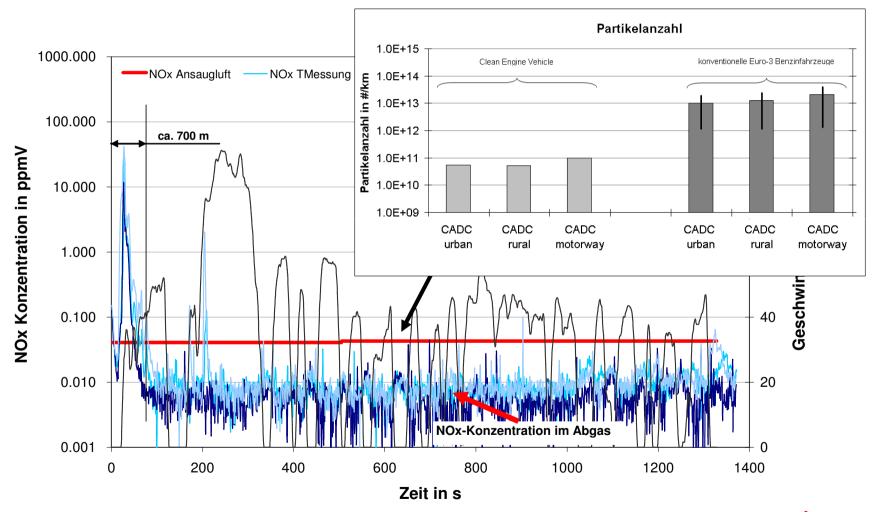


30% niedrigere CO₂-Emissionen





Zero NOx-Emissionen





Erdgas-Turbomotor in Serie

VW Passat Ecofuel mit Umweltbelastung von Kleinwagen



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





Fiat 500 (Benzin)

Euro4 940 kg 4 Zyl.; 1.2 l 51 kW, 102 Nm 119 q CO₂/km



Opel Corsa (Benzin)

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

VW Passat Ecofuel (Erdgas)

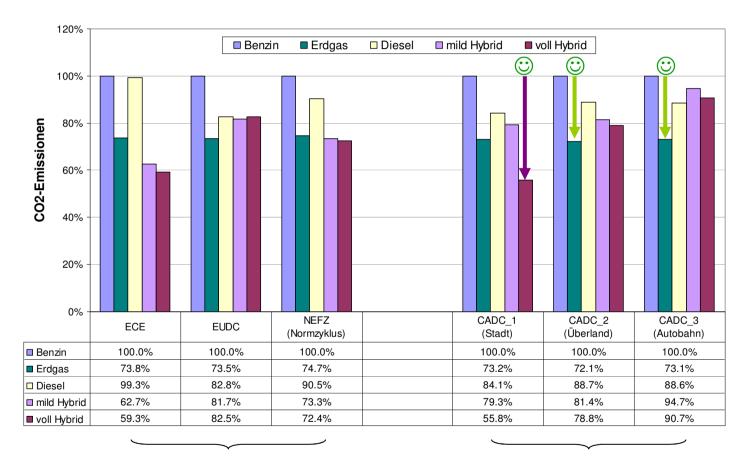
Erstes Fahrzeug mit 5-Sternen im ADAC-Ecotest
Euro5
1'577 kg
4 Zyl.; 1.4 l Twincharger
110 kW, 220 Nm





CO₂-Emissionen im Vergleich

Erdgasturbo und Vollhybrid mit Bestwerten



Normzyklus

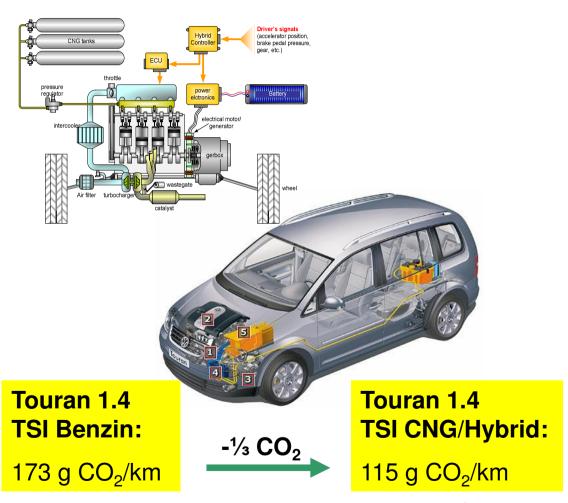
Realer Zyklus



Projekt CLEVER

Entwicklung eines Erdgas/Biogas-Hybridantriebs

- Untersuchung der Potentiale neuer Brennverfahren für Gasmotoren
- Optimierung des thermodynamischen Kreisprozesses für Erdgas (z.B. Miller-Zyklus)
- Realisierung Erdgas/ Biogas-Hybridantrieb (Auslegung auf Rekuperation, Anfahrdrehmoment, "Turbolochkompensation")



















Gasförmige CH-Biotreibstoffe

Kompogas: Treibstoff aus Grüngutabfällen!

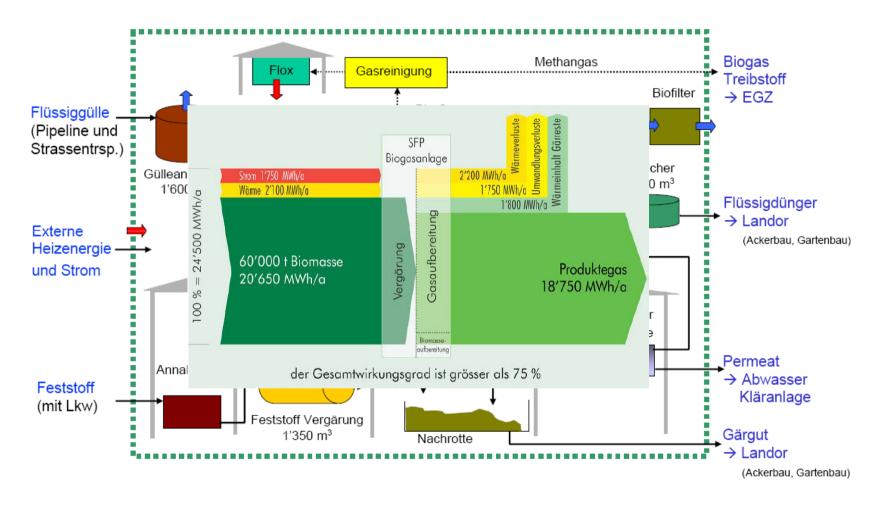


Quelle: Kompogas



Gasförmige CH-Biotreibstoffe

SwissFarmerPower Inwil: Treibstoff aus Gülle!





Erdgasfahrzeuge

Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Im PW-Bereich ist eine sofortige und signifikante CO₂-Reduktion möglich.
 Fahrzeuge und Tankstellen sind vorhanden. Wegen Diversifizierung des
 Treibstoffmarktes ist dies auch energiepolitisch für die Schweiz vorteilhaft
- Ökologisch und wirtschaftlich interessantes Biogaspotential in Schweiz ist vorhanden (reicht für ca. 10% der heutigen Mobilität). Dadurch steigt die einheimische Wertschöpfung.

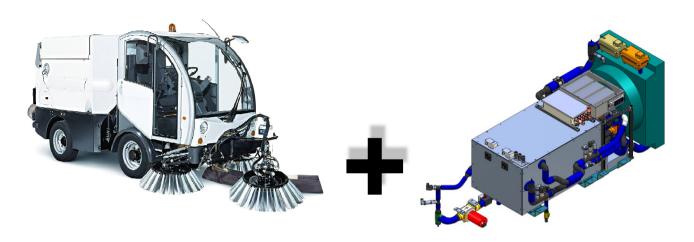
Nachteile:

- Gasfahrzeuge erfordern eine ausreichende Unterflur-Gasspeicherung. Kleine Fahrzeuge sind dafür nicht geeignet.
- Erdgas weist eine ähnliche Grundproblematik auf, wie Erdöl. Deshalb muss Biogas und Wasserstoff als Treibstoff parallel dazu weiterverfolgt werden.



Wasserstoffbetriebenes Kommunalfahrzeug

Elektroantrieb mit Wasserstoff-Stromgenerator











Kommunalfahrzeug

Brennstoffzellenantrieb



- Einsatz in sensiblen Bereichen (Fussgänger, Hallen)
- Neue Technologien erlauben Innovationen
- "Kondensationskern" für Wasserstofftechnologien in der Praxis













Inhalt

Ausgangslage

- ⇒ hohe wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung der Mobilität
- ⇒ hohe lokale Schadstoffemissionen und globale Treibhausgasemissionen

Erdgas und Biogas

⇒ sehr gut geeignet für Verbrennungsmotoren

Elektroantrieb

- ⇒ Sehr effizienter Antrieb
- □ Umweltbelastung hängt vom Herkunft des Stromes ab

Zusammenfassung

- ⇒ Diversifizierung des Treibstoffangebots
- ⇒ Elektroantriebe für Stadt-/Pendlerfahrzeuge, Erdgas als Mittelklasse- und Gewerbefahrzeuge



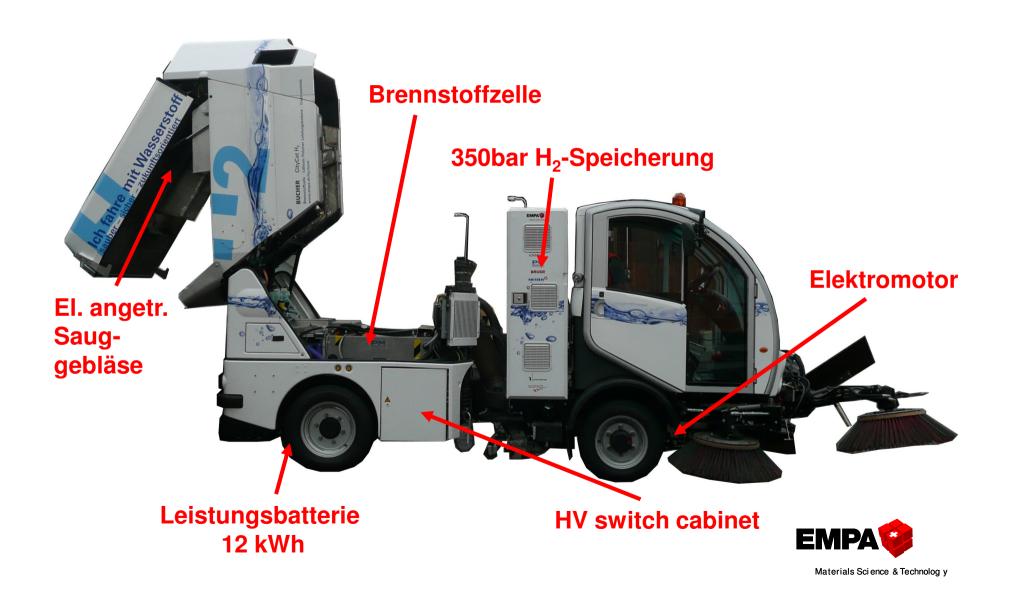
Das hy.muve-Projektfahrzeug

12 kg H₂@350 bar, 12 kWh LiPo-Batterie, 20 kW BZ-System



Das hy.muve-Projektfahrzeug

Aufbau



Das hy.muve-Projektfahrzeug

Lithium-Polymer-Leistungsbatterie (12 kWh)

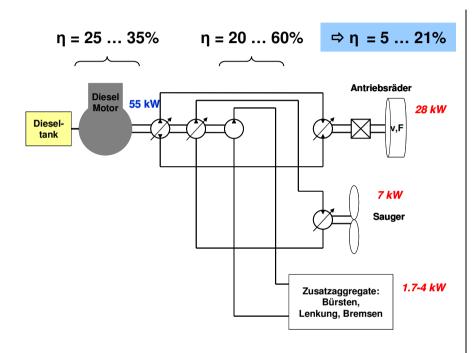


80 Zellen à 40 Ah in Serie



Das hy.muve-Antriebskonzept

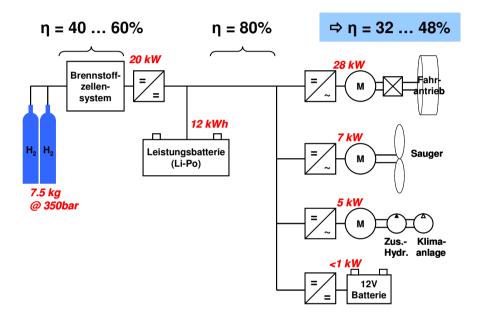
Diesel-Hydraulik ⇒ Wasserstoff-Elektro-Antrieb



Dieselmotor/Hydraulikantrieb

 $\eta_{Treibstoff-Bereitstellung}$: 88%

 $\eta_{\text{Well-to-Wheel}}$: 4 ... 18%



Wasserstoff-Brennstoffzellen/ Elektroantrieb

 $\eta_{Treibstoff-Bereitstellung}$: 68%

 $\eta_{\text{Well-to-Wheel}}$: 22 ... 33%



Spezifizierung der Bauteile

Längsdynamikmodell für typischen Einsatz

Geschwindigkeitsprofil

20% Transferfahrten 80% Reinigungsfahrten



Topografisches Profil

Annahme: Steigungsverteilung des Kantons Zürich

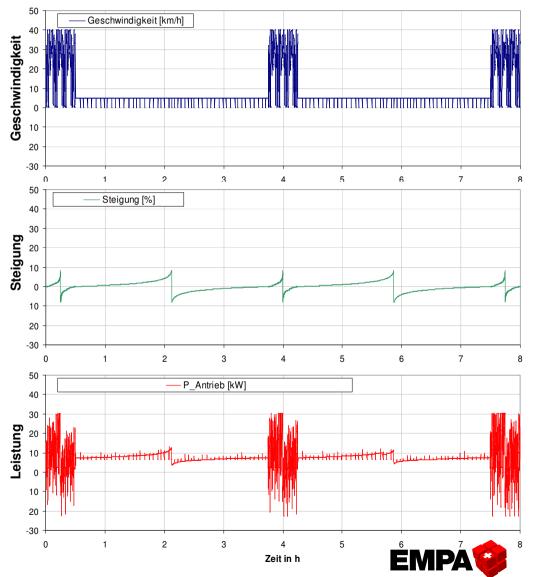


Leistungsbedarf Antrieb

daraus abgeleitet:

- Leistungsverteilung
- Energiespeicherung
- Kühlbedarf

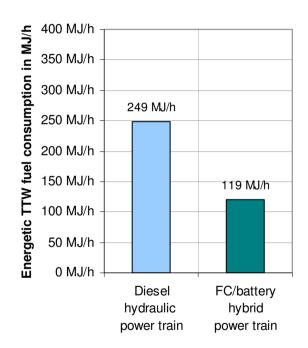
- . . .

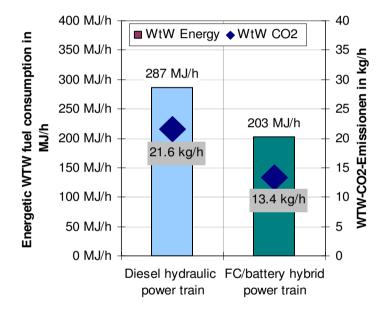


Energie- und CO₂-Bilanz Längsdynamikmodell für typischen Einsatz

Fahrzeug

Fahrzeug + Wasserstoffbereitstellung





Halbierung des energetischen Verbrauchs

40% niedrigere CO₂-Bilanz selbst bei konv. H₂-Produktion ("worst case")



Elektroantrieb

im PW-Bereich

Messungen

- Automobil-Revue/
- Berner Fachhochschule:

Energetischer Verbrauch:

- 19 kWh/100 km (2 l Benzin-Äq./100 km)



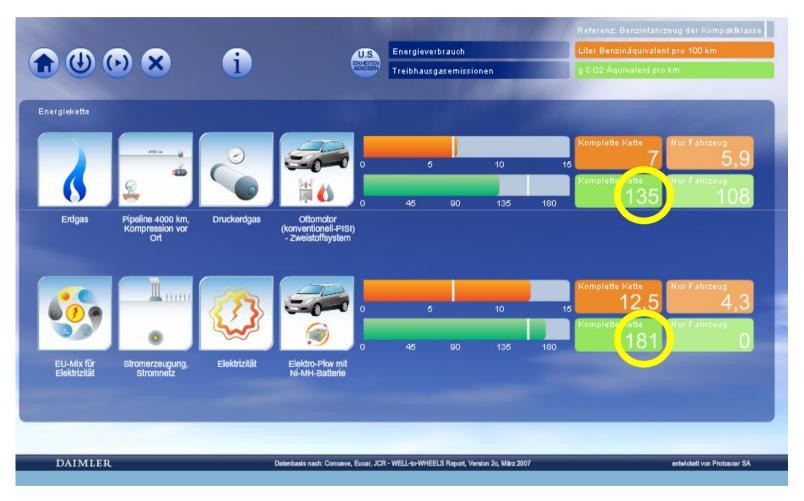
CO₂-Emissionen entsprechend der Strom-Herkunft (Quelle: TEP):

- Schweiz (2009: 95 gCO₂/kWh): 18 g CO₂/km - Schweiz (2030: 355 gCO₂/kWh): 67 g CO₂/km - EU-Mix (UCTE: 450 gCO₂/kWh): 86 g CO₂/km - Weltstrom (600 gCO₂/kWh): 114 g CO₂/km



Well-to-wheel Analyse

Vergleich NiMH-Elektro- mit Erdgas-Fahrzeug





Elektrofahrzeuge

Vor- und Nachteile

Vorteile:

- Sehr guter energetischer Wirkungsgrad (aber Achtung: Heizung im Winter nicht vergessen!).
- Elektroantriebe leisten einen Beitrag an die Treibstoff-Diversifizierung.

Nachteile:

- Reichweite "≤100 miles" (seit ca. 10 Jahren konstant), lange Ladezeiten (Normalfall >5 Stunden).
- Teure Technologie und teure/rare Materialien (E-Motor und Batterie).
- Viele Praxisaspekte sind in Diskussion noch kaum berücksichtigt (300 VDC in Praxis, Schnellladung @ Home, Ladefähigkeit bei T<0 ℃, ...).



Inhalt

Ausgangslage

- ⇒ hohe wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung der Mobilität
- ⇒ hohe lokale Schadstoffemissionen und globale Treibhausgasemissionen

Erdgas und Biogas

⇒ sehr gut geeignet für Verbrennungsmotoren

Elektroantrieb

- ⇒ Sehr effizienter Antrieb
- □ Umweltbelastung hängt vom Herkunft des Stromes ab

Zusammenfassung

- ⇒ Diversifizierung des Treibstoffangebots
- ⇒ Elektroantriebe für Stadt-/Pendlerfahrzeuge, Erdgas als Mittelklasse- und Gewerbefahrzeuge



Zusammenfassung

- Die Mobilität ist der einzige nicht-diversifizierte Energiesektor. Ein Erdöl-Engpass hätte fatale Konsequenzen. Eine Diversifizierung auf gasförmige und elektrische Treibstoffe ist ökologisch und energiepolitisch sinnvoll.
- In der Schweiz könnte bis 10% des Strassenverkehrs auf einheimisches Biogas umgestellt werden (BFE-Potentialstudie 2006). Dadurch würde die einheimische Wertschöpfung deutlich gesteigert.
- Erdgasfahrzeuge weisen eine vergleichbare Umweltbelastung auf wie Elektrofahrzeuge und verfügen beide aufgrund der Möglichkeit zur Produktion von erneuerbarem Treibstoff auch ein entsprechendes Nachhaltigkeitspotential.
- Elektrofahrzeuge sind als Stadt-/Pendlerfahrzeuge (kurze Wege, lange Stillstandszeiten) geeignet; Gasfahrzeuge als Mittelklassefahrzeuge (Unterflur-Gasspeicherung). Hybridfahrzeuge weisen insbesondere im städtischen Einsatz Vorteile auf.
- Die steuerliche Belastung von Treibstoffen und Fahrzeugen wird sich mit Sicherheit vermehrt an den CO₂-Emissionen orientieren. CO₂-arme Fahrzeuge werden deshalb künftig eher einen geringeren Werteverlust aufweisen.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

christian.bach@empa.ch

