

# **Die Technik Erdgas betriebener Fahrzeuge**

## **Qualifizierungs-Workshop des Impuls-Programms RAVEL NRW am 29.06.2004 in Wuppertal**

**Dipl.-Ing. Steffen Roß, WiRo Energie&Konnex Consulting GmbH, Aachen**

## **Gliederung des Vortrags**

- Umweltaspekte
- Unterschiede von Erdgasfahrzeugen gegenüber Benzin- und Dieselfahrzeugen
- Platzbedarf der Technik
- Herstellerspezifische Besonderheiten
- Sicherheitsfragen

## WiRo Energie&Konnex Consulting GmbH

- Beratung bei rationeller Energieanwendung und -erzeugung:
  - „Klassische Energieberatung“ für Industrie, Gewerbe
  - Technisch-wirtschaftliche und vertragliche Fragen
- Energiekostenanalysen (u.a. Ökosteuerermittlung, „Spitzenausgleich“)
- Unterstützung von EVU bei Energiedienstleistungen im liberalisierten Markt:
  - Unternehmens- und Organisationsberatung
  - Entwicklung, Gestaltung, Vertriebskonzepte
  - Studien, Marktanalysen für neue EDL-Produkte

→ [www.wiro-consultants.de](http://www.wiro-consultants.de)



## Die Kraftstoffe und ihre Steuersätze

**Erdgas H** (H = High); 87 - 99 Vol. % Methan; ca. 13,16 kWh/kg; 0,79 kg/m<sup>3</sup>

- **Heizwerte: 1 kg H-Gas  $\approx$  ca. 1,5 Liter Benzin  $\approx$  ca. 1,3 Liter Diesel**

**Erdgas L** (L = Low); 80 - 87 Vol. % Methan; ca. 10,70 kWh/kg; 0,83 kg/m<sup>3</sup>

- **Heizwerte: 1 kg L-Gas  $\approx$  ca. 1,2 Liter Benzin  $\approx$  ca. 1,1 Liter Diesel**
- L-Gas verkürzt Reichweite daher um ca. 10-15 %

**Benzin:** Heizwert  $\approx$  8,77 kWh/Liter; Dichte  $\approx$  0,76 kg/Liter

**Diesel:** Heizwert  $\approx$  9,86 kWh/Liter; Dichte  $\approx$  0,84 kg/Liter

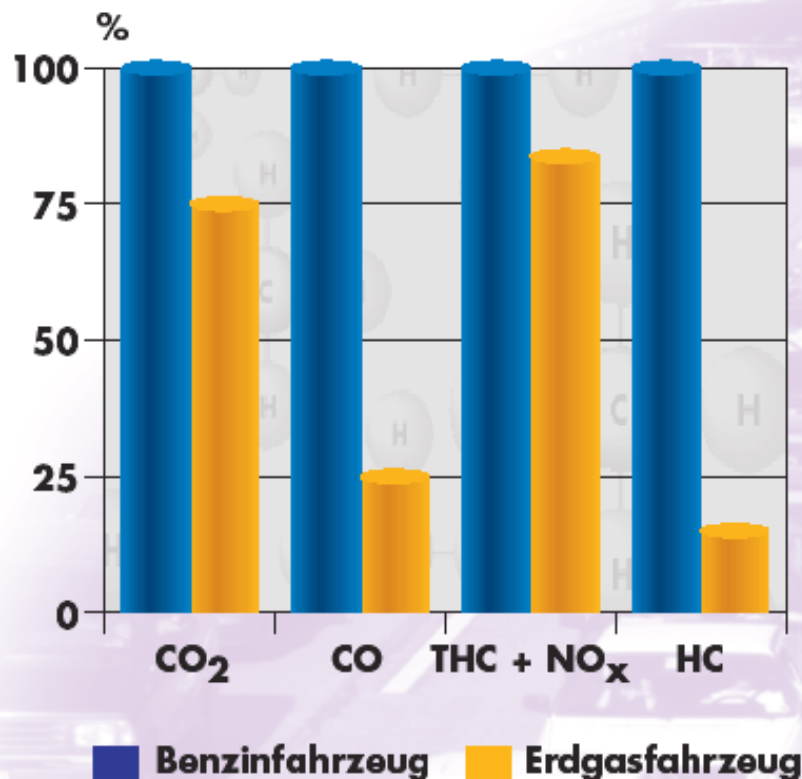
- Mineralölsteuern: Benzin **669,80 €**, Diesel: **470,40 € je 1.000 Liter**
- Mineralölsteuer für Erdgas: **13,90 €/MWh**  $\Rightarrow$  Umrechnung notwendig
- Benzin-Äquivalent: 13,90 €/MWh • 8,77 kWh/Liter = **121,90 €/1.000 Liter**
- Diesel-Äquivalent: 13,90 €/MWh • 9,86 kWh/Liter = **137,05 €/1.000 Liter**

## Weniger Emissionen durch Erdgasfahrzeuge

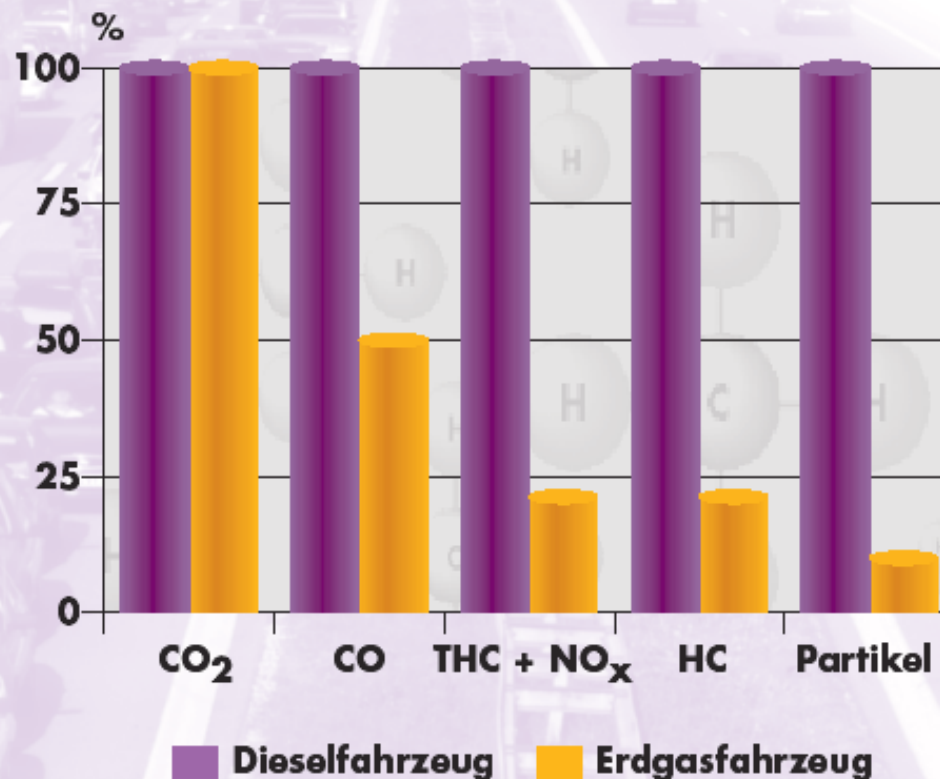
- Benzin und Diesel haben deutlich höhere C:H-Verhältnisse als Erdgas
- CO<sub>2</sub>-Emissionen von Erdgas- gegenüber Benzinfahrzeugen ca. 25 % geringer
- Gegenüber Dieselfahrzeugen ist die CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung vernachlässigbar (Dieselantriebe haben gegenüber Benzinmotoren einen höheren Wirkungsgrad)
- Kohlenmonoxid-Emissionen (bei unvollständiger Verbrennung) von Erdgasfahrzeugen gegenüber Diesel- und Benzin-Kfz um 50 bzw. 75 % geringer
- Gesamtausstoß aller Kohlenwasserstoffe (THC) und Stickoxide (NO<sub>x</sub>): Ca. 20 % unter denen von Benzinfahrzeugen, ca. 80 % unter denen von Dieselfahrzeugen
- Emissionen von reaktiven Kohlenwasserstoffen (HC) um bis zu 80 % geringer; deutliche Minderung der bodennahen Ozonbildung („Sommersmog“)
- Ausstoß von Benzol, Ruß und Partikeln praktisch zu vernachlässigen; ist insbesondere im Hinblick auf die ab 2005 geltenden Grenzwerte für die Partikel-10-Konzentration (nach EU-Vorgaben bis 2010 um ca. 60 % zu reduzieren)

# Weniger Emissionen durch Erdgas

Vergleichsfahrzeug Benzin (100%)



Vergleichsfahrzeug Diesel (100%)

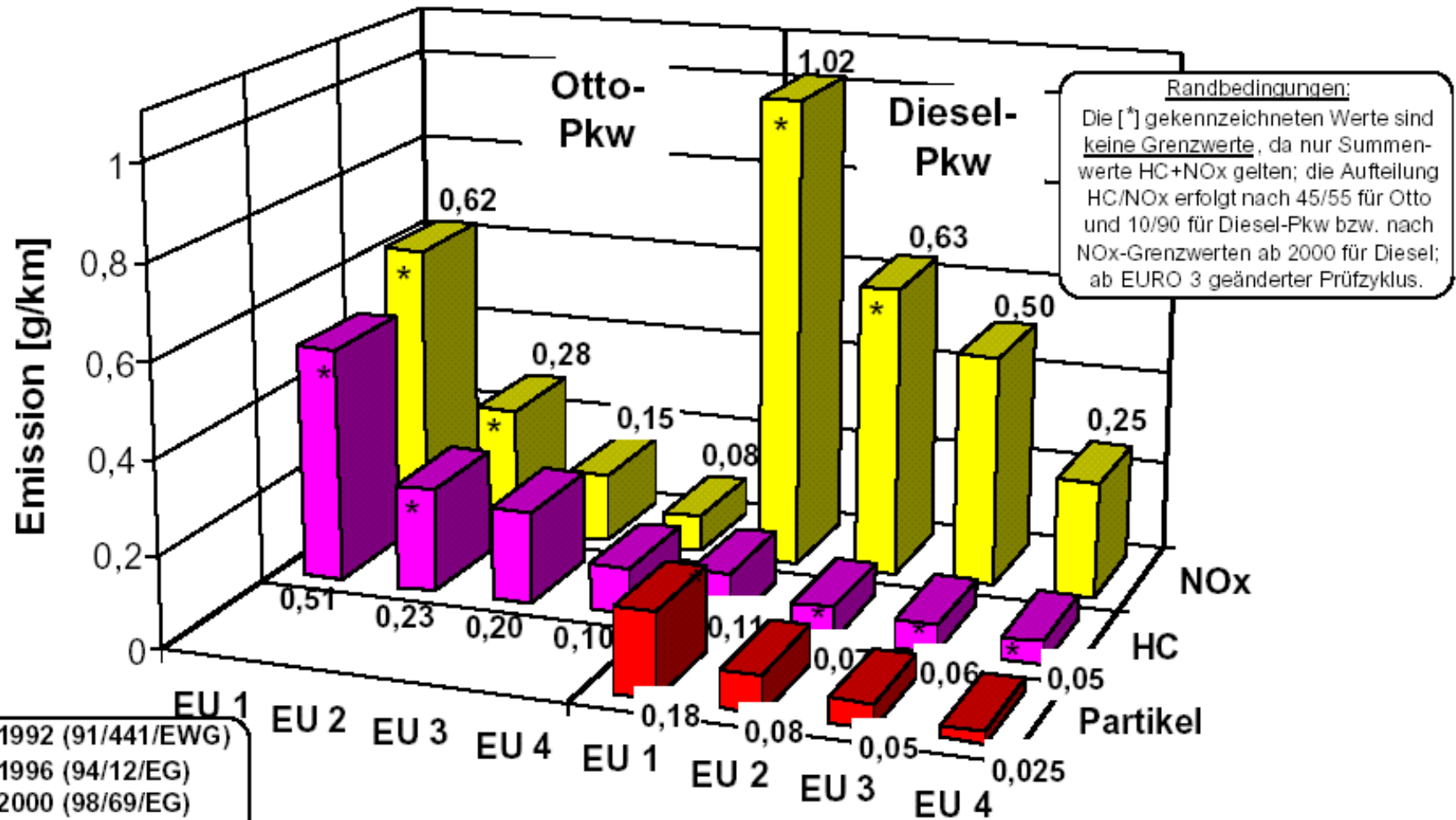


Quellen: [www.erdgasfahrzeuge.de](http://www.erdgasfahrzeuge.de), FEV Motorentchnik, Aachen

## Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen

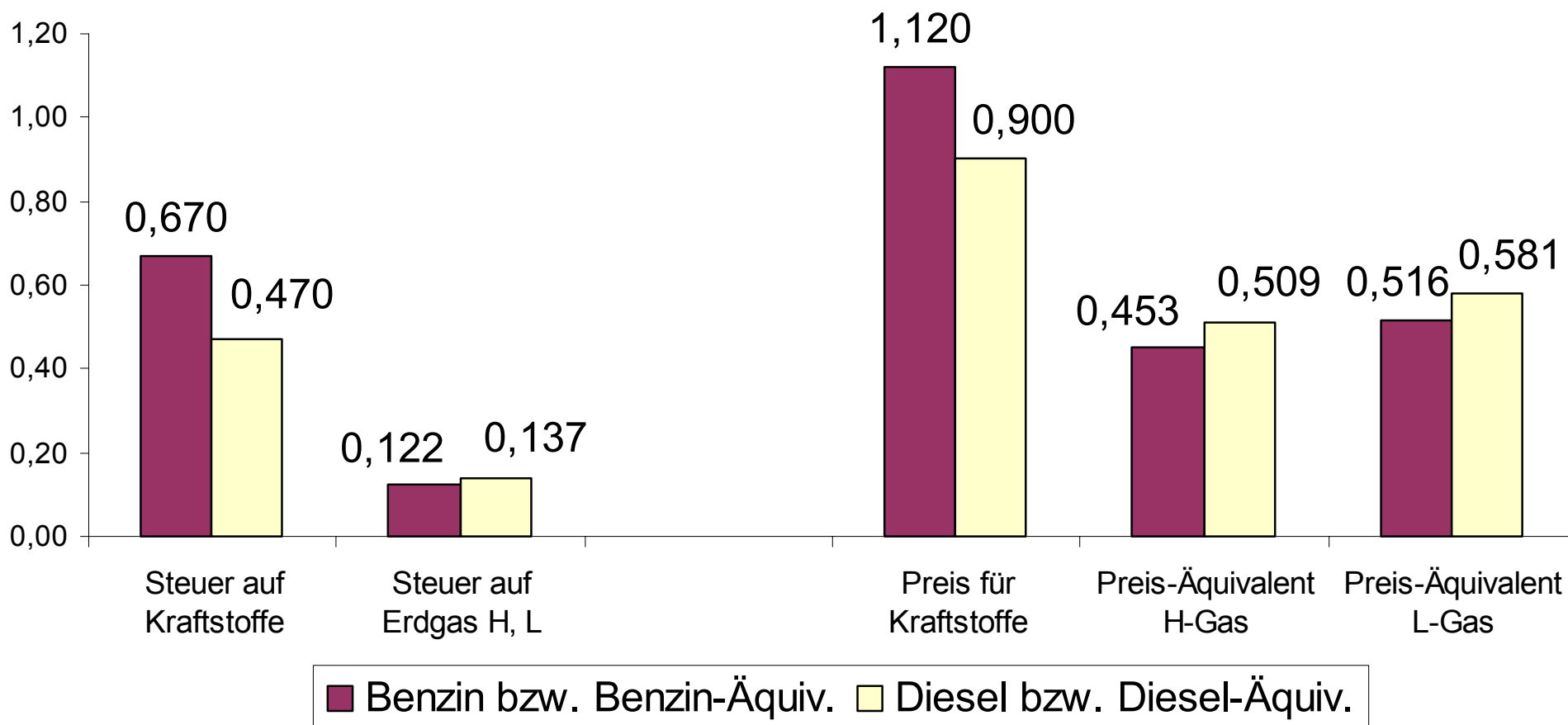
Kraftstoff	Heizwert		Dichte		Spez. Heizwert		CO <sub>2</sub> -Äquivalent		Spez. CO <sub>2</sub> -Emissionen	
<b>Benzin (S, SP)</b>	42,50	MJ/kg	0,72	kg/Liter	30,600	MJ/Liter	73,4	gr.CO <sub>2</sub> /MJ	<b>EU: 24,0</b>	gr/(Liter/100km)
<b>Diesel</b>	41,65	MJ/kg	0,87	kg/Liter	36,236	MJ/Liter	72,8	gr.CO <sub>2</sub> /MJ	<b>EU: 26,7</b>	gr/(Liter/100km)
<b>Erdgas H</b>	37,30	MJ/m <sup>3</sup>	0,79	kg/m <sup>3</sup>	47,215	MJ/kg	56,4	gr.CO <sub>2</sub> /MJ	<b>26,63</b>	gr/(kg/100km)
<b>Erdgas L</b>	31,80	MJ/m <sup>3</sup>	0,83	kg/m <sup>3</sup>	38,313	MJ/kg	56,4	gr.CO <sub>2</sub> /MJ	<b>21,61</b>	gr/(kg/100km)

# Verschärfung der EU-Grenzwerte

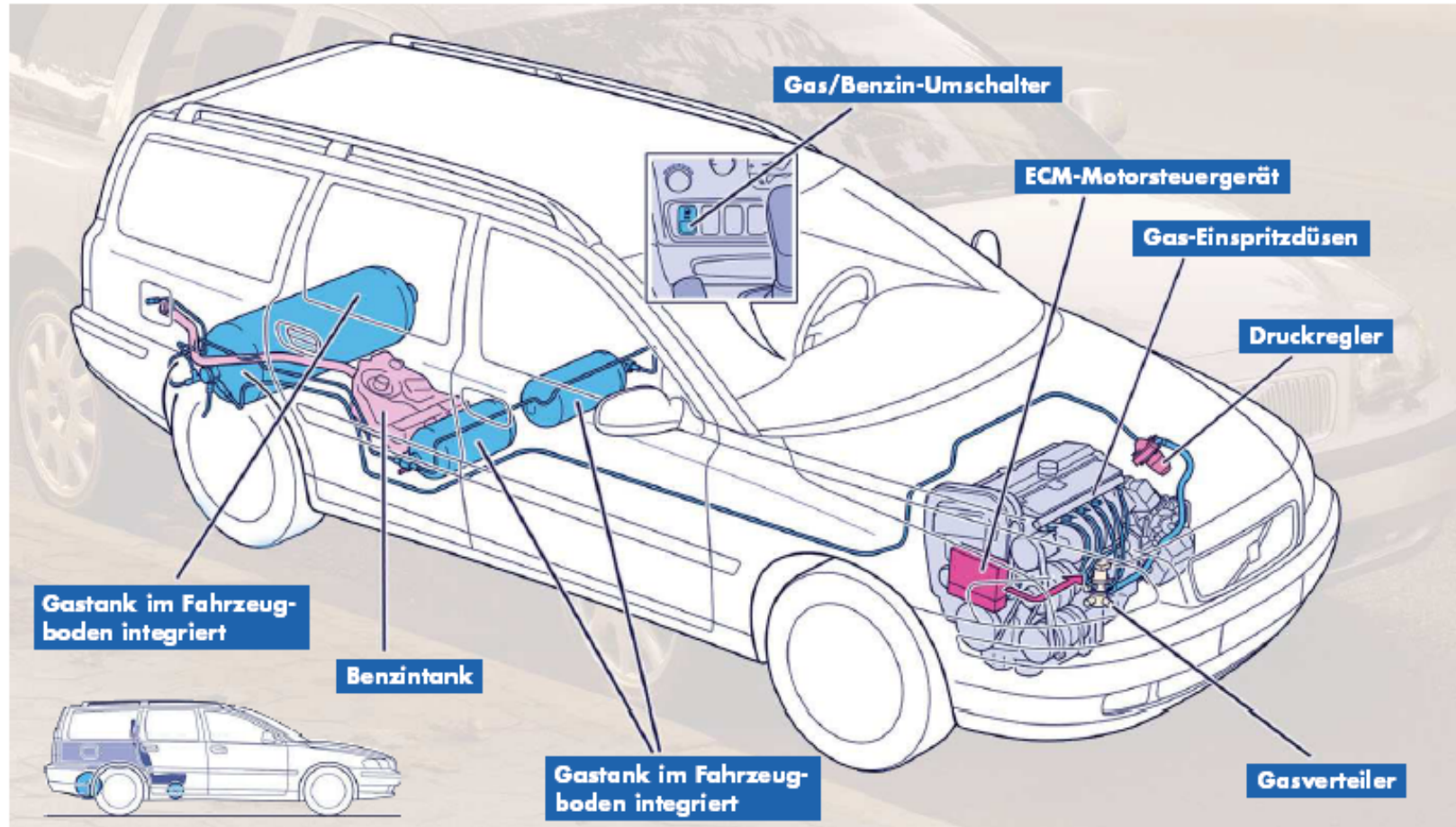


EURO 1: 1992 (91/441/EWG)  
 EURO 2: 1996 (94/12/EG)  
 EURO 3: 2000 (98/69/EG)  
 EURO 4: 2005 (98/69/EG)

## Mineralölsteuern, typische Kraftstoffpreise im Vergleich (in €/Liter)

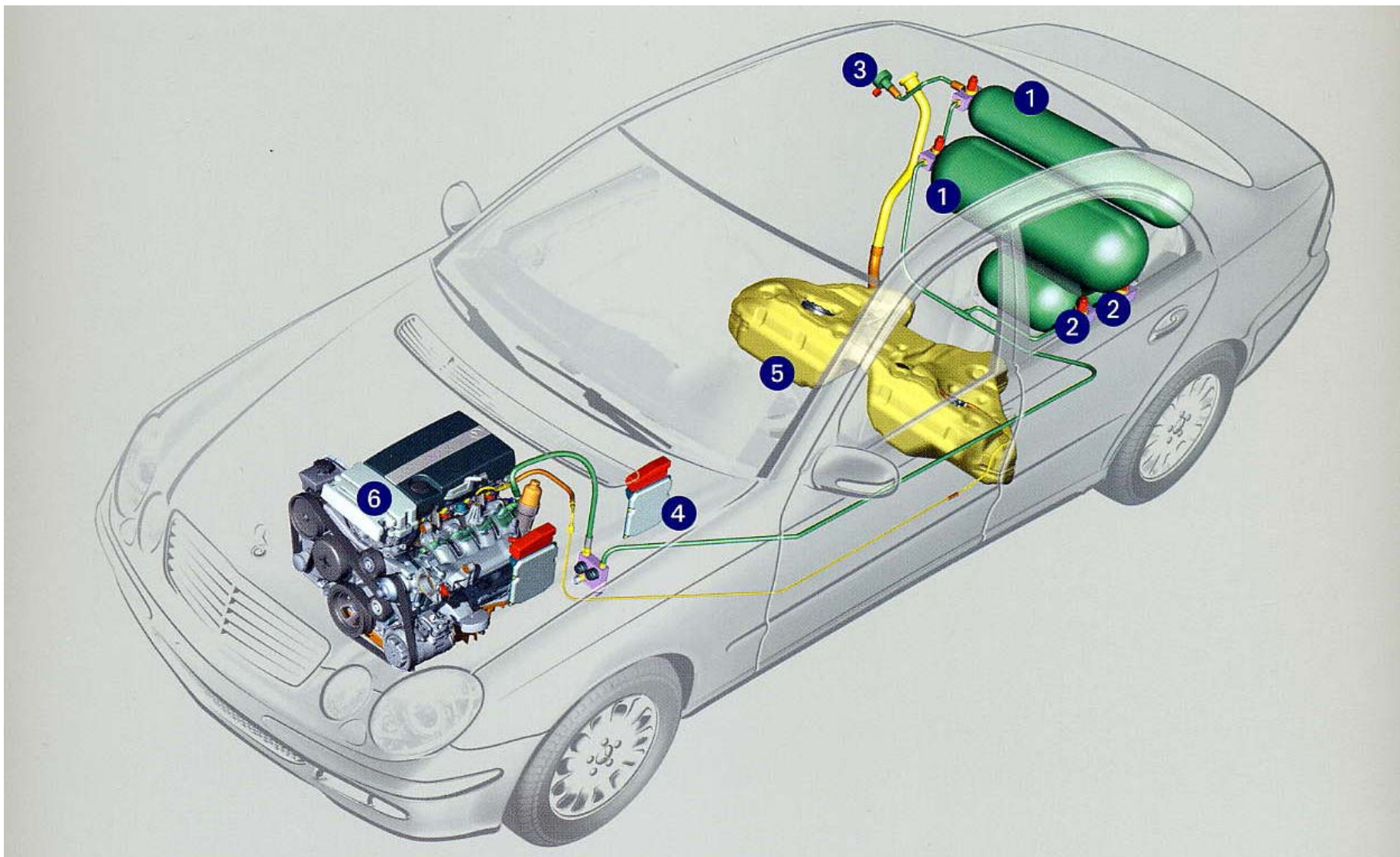


# Technik von Erdgasfahrzeugen



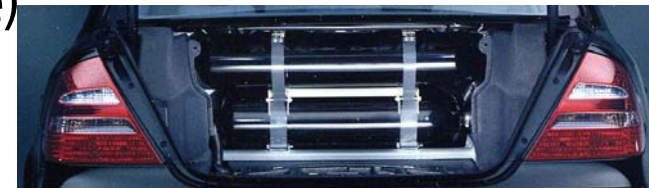
Quelle: Volvo

## Besondere Techniken bei Erdgasfahrzeugen – MB E 200 NGT

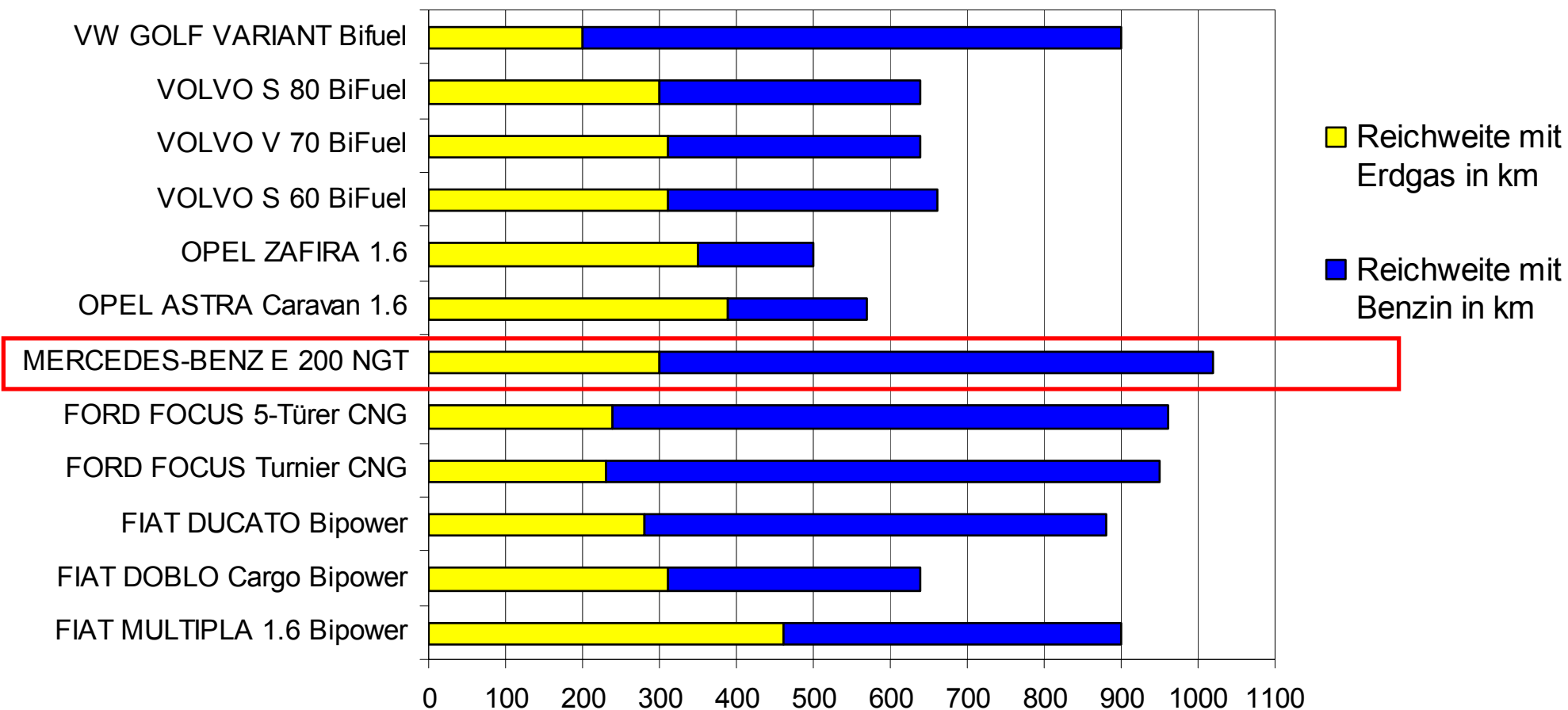


## Besonderheiten ausgewählter Erdgasfahrzeuge

- Allgemein: Bei vielen Modellen sind Reserveräder, Durchlademöglichkeiten, Skisäcke etc. nicht vorgesehen
- OPEL Zafira und Astra
  - Auf Erdgasbetrieb optimiert (z.B. höhere Verdichtung 12,5; andere Kolben)
  - Sehr niedrige Erdgasverbrauchswerte
  - Kleiner Benzin-Zusatztank (14 Liter)
- VW Golf
  - Kunststofftank (Überprüfung o. Austausch alle 3 Jahre)
- Mercedes-Benz E 200 NGT
  - CNG-Ausführung läuft als Sonderausstattung
  - Kompressoraufladung ermöglicht konstante Leistung bei Benzin/CNG (163 PS)
  - CNG-Ausführung nur mit 5-Gang-Automatik als Sonderausstattung lieferbar



## Reichweiten von Erdgasfahrzeugen



# Beispiele für aktuelle Kraftstoffpreise an NRW-Tankstellen

Tankstellen in NRW (Quelle: www.gibgas.de; Jun 04)	Datum	Preis L-Gas [Euro/kg]	Benzin-Äquiv. [Euro/Liter]	Diesel-Äquiv. [Euro/Liter]	Preis H-Gas [Euro/kg]	Benzin-Äquiv. [Euro/Liter]	Diesel-Äquiv. [Euro/Liter]	
Q1 Detmold	25.04.2003	0,599	0,491	0,552				
Mönchengladbach	26.01.2004				0,679	0,452	0,509	+ 7 Ct./kg
Jansen Viersen	12.05.2003	0,619	0,507	0,570				
Erdgastankstelle Hiddenhausen	11.09.2003	<b>0,599</b>	0,491	0,552				+ 0,9 Ct./kg
Erdgastankstelle Bünde	12.11.2003	0,619	0,507	0,570				+ 0,9 Ct./kg
Aral Lübbecke	21.07.2003	0,600	0,492	0,553				
Aral Delbrück	25.06.2003	0,609	0,499	0,561				
bft Lünen	15.05.2003				<b>0,659</b>	0,439	0,494	
Essen	06.06.2004				<b>0,709</b>	0,472	0,531	+ 1 Ct./kg
bft Borken	07.06.2004				0,689	0,459	0,516	+ 5 Ct./kg
Total Bocholt	28.05.2004				0,669	0,446	0,501	+ 3,9 Ct./kg
Duisburg	01.03.2004				0,660	0,440	0,494	+ 6 Ct./kg
Erdgastankstelle Greven	29.02.2004				0,690	0,460	0,517	
Köln Porz-Wahnheide	31.03.2004	0,639	0,524	0,589				+ 1 Ct./kg
Bergisch-Gladbach	07.05.2004	<b>0,680</b>	0,557	0,627				+ 2 Ct./kg
Mundorf Troisdorf-Spich	31.03.2004	0,669	0,548	0,616				+ 2 Ct./kg
Menden	28.04.2003	0,599	0,491	0,552				
BP Bergkamen-Rünthe	03.03.2003				0,660	0,440	0,494	
<b>Durchschnitt</b>		<b>0,623</b>	<b>0,511</b>	<b>0,574</b>	<b>0,677</b>	<b>0,451</b>	<b>0,507</b>	+ 0,7 Ct./kg L-Gas + 3,0 Ct./kg H-Gas
<b>Vergleichspreise</b>			<b>1,120</b>	<b>0,900</b>		<b>1,120</b>	<b>0,900</b>	+ 7,0 Ct./L Benzin + 3,0 Ct./L Diesel
<b>Ersparnis bei Erdgas</b>			<b>54,4%</b>	<b>36,2%</b>		<b>59,7%</b>	<b>43,7%</b>	

2,0%

0,8%

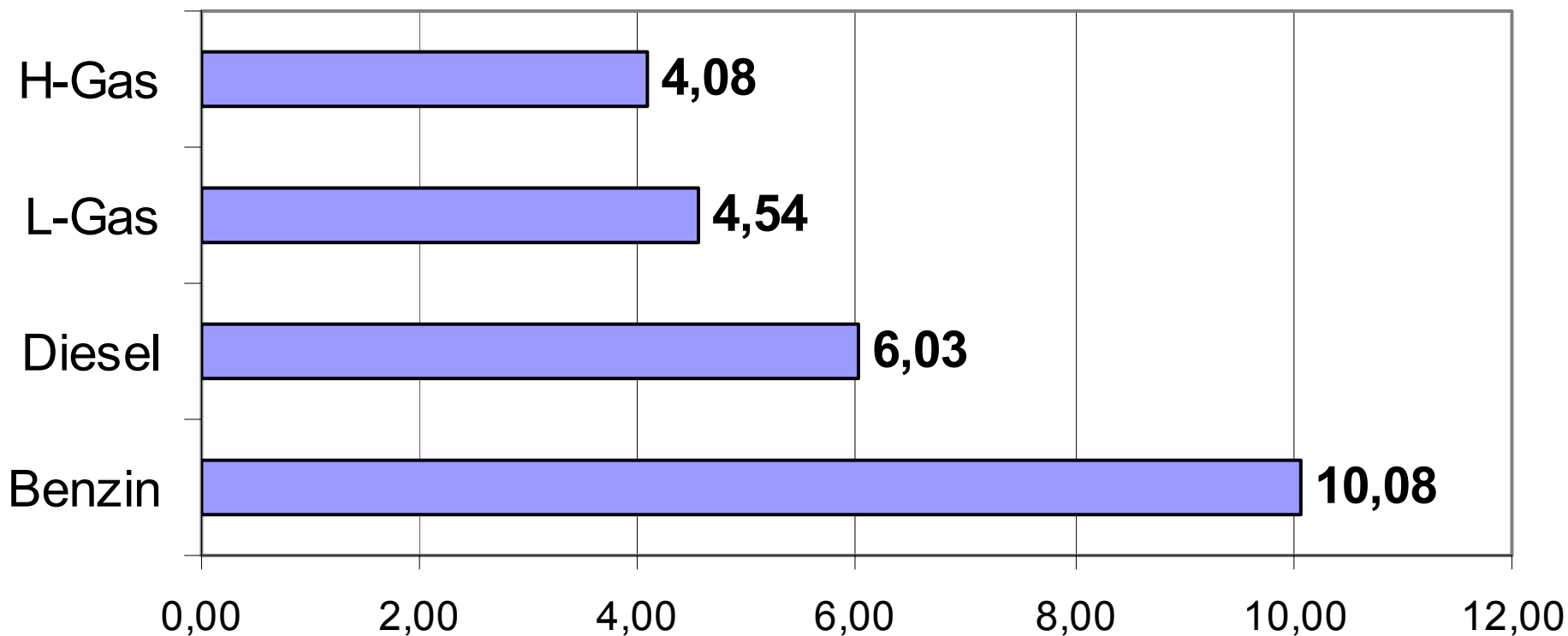
0,8%

-0,6%

⇒ L-Gas schwankt zwischen 0,599 und 0,680 und H-Gas zwischen 0,659 und 0,709 Euro/kg

## Kraftstoffkosten eines Fahrzeugs mit unterschiedlichen Motoren

Kosten pro 100 km in € (am Beispiel E 200 NGT)



## Umrüstung von Benzinantrieb auf bivalenten Antrieb

- Umgerüstete Fahrzeuge **meist nicht anfälliger** als vorher (Umrüstung beschränkt sich im wesentlichen auf Arbeiten am Tank)
- Viele Hersteller haben Fahrzeuge für die Umrüstung freigegeben
- Umrüstung sowohl von Pkw wie auch von leichten Nutzfahrzeugen
- **Kosten** je nach Fahrzeug **ca. 3.500 – 6.500 €** ; etwa doppelt so hoch wie Mehrkosten von Erdgas-Fahrzeugen ab Werk
- Umrüstung **lohnt** sich besonders **für Vielfahrer (mind. 25.000 km/a)**
- **Zum Teil ungeklärte Haftungsfragen:** Bei Folgeschäden durch den Einbau der Gasanlage können keine Garantieansprüche mehr geltend gemacht werden
- **Verlust Kfz-Steuervorteil:** Umgerüstetes Fahrzeug kann von Euro 4 auf 3 herabgestuft werden; es wird schwieriger, die europaweiten Abgasstandards mit nachgerüsteten Motoren zu erreichen (es verändern sich Kraftstoffverbrauchs- und Emissions-Typprüfwerte, auf denen die steuerliche Einordnung beruht)
- Anforderungen an Umrüstbetriebe bzgl. Qualitätsmanagements werden höher

## Sind Erdgasfahrzeuge ein Sicherheitsrisiko?

- **Erdgas ist leichter als Luft**; Flüssiggas (LPG) schwerer als Luft!
- Erdgas verflüchtigt sich schneller; hat mit 650 °C eine **hohe Zündtemperatur**
- **Tank** (200 bar) ist **stabilste Komponente** im Auto; Sicherheitsventile sorgen im Schadensfall für gezieltes Abblasen oder für kontrolliertes Abbrennen des Erdgases. Bei Leckagen ist **Explosionsgefahr** gegenüber konventionellen Fahrzeugen **deutlich geringer**
- Beispiel: Frankfurter **Feuerwehr** setzt u.a. **aus Sicherheitsgründen Erdgasfahrzeuge** ein; kann mit ihnen näher an die Brandherde (!) fahren
- Grundsätzlich ist es so, dass Einfahrverbote in den meisten Fällen für Flüssiggasfahrzeuge und nicht für Erdgasfahrzeuge gelten
- Alte Garagenordnung von 1976 („Abstellen von Fahrzeugen mit Druckgasantrieb wegen Explosionsgefahr verboten“) bezog sich auf LPG; CNG gab es nicht
- Daher wird **Garagenordnung** zumindest hinsichtlich einer Differenzierung zwischen Erdgas- und Flüssiggasfahrzeugen **immer häufiger geändert!**

# Sind Erdgasfahrzeuge ein Sicherheitsrisiko?

**TÜV:** „Fahren mit Erdgas ist genauso sicher wie mit Benzin oder Diesel, die Brand- oder Explosionsgefahr ist sogar geringer.“

**Beispiel:** Die Feuerwehr Frankfurt setzt u.a. aus Sicherheitsgründen (!) Erdgasfahrzeuge ein.



- Erdgastank ist stabilste Komponente (Berstdruck: 600 – 800 bar)
- Sicherheitsventile verhindern Explosionen
- Erdgasfahrzeuge dürfen in Tiefgaragen fahren, LPG-Fahrzeuge nicht!

## **Erdgasfahrzeuge (CNG-Fahrzeuge) – Zusammenfassung**

- Erdgas-Fahrzeuge basieren auf Standard-Technologien (vgl. auch Italien)
  - Erdgas als Kraftstoff bis 2020 steuerlich begünstigt (ca. 1/6 von Benzin; ca. 1/4 von Diesel); Preise langfristig ca. 30-60 Ct./L. unter Preisen für Diesel, Benzin
  - Erdgasfahrzeuge: Z.B. -1.000 €/a Kraftstoffkosten; ca. 150 EVU-Förderprogr.
  - Für Vielfahrer: Anschaffungs-Mehrkosten amortisieren sich in 1-2 Jahren
  - Erdgasfahrzeuge kein Sicherheitsrisiko! Brand-/Explosionsgefahr sehr gering
  - Erdgasfahrzeuge sind sehr umweltfreundlich: Sie reduzieren insbesondere
    - die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber Benzinern (25%) und die
    - Krebs erregenden Partikel gegenüber Dieselfahrzeugen (90-98%).
  - Hersteller bieten immer mehr serienmäßige CNG-Fahrzeuge an
  - Tankstellennetz (z.Zt. 447) soll bis 2007 um ca. 1.000 erweitert werden
- ⇒ Erdgasfahrzeuge: Kein anderes Fahrzeug ist zur Zeit kostengünstiger

## **Empfehlungen für die EVU**

- EVU-Chance „Erdgas als Kraftstoff“ nutzen; gute Möglichkeiten, sich umweltorientiert zu positionieren und gleichzeitig Gasabsatz zu stabilisieren.
- Vor Ort den Aufbau von Erdgastankstellen oder sogenannter „Fuel maker“ (Verdichterstationen mit Druckspeicher 250 bar) prüfen
- Für Flottenbetreiber: Contractingprojekte als EVU- Geschäftsfeld prüfen

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

## Listenpreise ausgewählter Erdgasfahrzeuge (nur Pkw)

Hersteller	Fahrzeugtyp	Brutto-Listenpreise [€]			Verbrauch je 100 km			
		Erdgas	Benzin	Diesel	H-Gas	L-Gas	Benzin	Diesel
FORD	FORD FOCUS Turnier Ghia 1,8l / CNG	22.297	19.740		5,6	6,7	7,6	
	FORD FOCUS Turnier Ghia 1,8l TDCi (85 kW)			21.415				5,4
	FORD FOCUS 5-Türer Trend 1,8l / CNG	20.447	17.890		5,6	6,7	7,6	
	FORD FOCUS 5-Türer Trend 1,8l TDCi (85 kW)			19.665				5,4
OPEL	OPEL ASTRA Caravan 1.6 Ecotec / CNG	20.315	18.920		5,1	6,1	7,2	
	OPEL ASTRA Caravan 2.0 Diesel			18.760				5,9
	OPEL ZAFIRA 1.6 Ecotec / CNG	21.625	18.995		5,3	6,8	7,9	
	OPEL ZAFIRA 2.0 DTI			20.645				6,5
MERCEDES BENZ	E 200 Kompressor / NGT (120 kW)	41.203	35.728		6,0	7,2	9,0	
	E 220 CDI (110 kW)			36.714				6,7
VOLVO	VOLVO S 60 2.4 / BiFuel	28.620	25.470		7,5	8,3	8,8 / 9,0	
	VOLVO S 60 2.4 D			27.090				6,5
	VOLVO V 70 2.4 / BiFuel	32.520	29.370		8	8,6	9,1	
	VOLVO V 70 2.4 D			31.990				6,7
	VOLVO S 80 2.4 / BiFuel	33.456	30.243		7,6	8,7	9,0 / 9,2	
	VOLVO S 80 2.4 D			32.311				6,5
VW	VW GOLF VARIANT Basis 2,0 / Bi FUEL	23.570	19.570		6,5	7,8	8,0 / 8,1	
	VW GOLF VARIANT Basis TDI 74 kW			20.150				5,2

- **Mehrkosten** für Erdgasfahrzeuge gegenüber Benziner: **ca. 1.400 – 5.500 Euro**
- Individuelle Angebote sollten eingeholt werden; Rabatte werden häufig gewährt